

Joël de Rosnay

# Das Makroskop

Systemdenken  
als Werkzeug  
der Ökogesellschaft

Mit einem Vorwort von Frederic Vester

sachbuch  
ro  
ro  
ro

«Rosnay ist der  
erste Schriftsteller,  
der es verstanden  
hat, aus der Sicht  
des Biologen die  
systemanalytische  
Methode verständ-  
lich zu machen.»  
Robert Jungk





Donat Apour  
Usher '90

R



«Man spricht heute viel über die Bedeutung einer Gesamtschau und Synthese, um die großen Probleme unserer modernen Welt bewältigen zu können. Leider jedoch hat uns unsere Erziehung offensichtlich darauf nicht vorbereitet. Unsere Einteilung des Wissens in zahlreiche Disziplinen zerstückelt die einheitliche Natur in einzelne, sorgfältig umzäunte Gärtchen.»

Um eine umfassende Betrachtung der gleichartigen Erscheinungen in sehr verschiedenen Disziplinen, den «Gärtchen», zu ermöglichen, benutzt der Biologe Joël de Rosnay den Symbolbegriff des Makroskops. Nicht das Mikroskop, das sich auf das Detail konzentriert, nicht das Teleskop, das den Blick von der Menschenwelt weg in den Kosmos richtet, kann uns helfen, das Gemeinsame in so unterschiedlichen Bereichen wie Ökologie, Organismus, Unternehmen, Zelle, Wirtschaft und Stadt zu entdecken. De Rosnays Makroskop richtet sich wieder auf uns und unsere Welt. Es zu nutzen erfordert Systemdenken statt analytischer Vorgehensweise; nur so läßt sich das Gesamtgefüge Mensch-Umwelt als entwicklungsfähige und präzisen Gesetzen unterliegende Symbiose erkennen.

De Rosnay geht konsequent vor. Er beschreibt einleitend die Funktion der wichtigsten Einzelsysteme wie Ökologie, Biologie und Wirtschaft und leitet dann über zu Methoden, um die grundlegenden Gesetze und allgemeinen Prinzipien zu erfassen, die allen Einzelbereichen gemeinsam sind und eine Zusammenschau ermöglichen.

Mit der Darlegung notwendiger Änderungen in unseren Vorstellungen von Erziehung und Werten und der Zukunftsvision einer freieren und gerechteren Gesellschaft zeigt de Rosnay abschließend Denkmodelle auf, die sich nach-zu-denken lohnen.



Joël de Rosnay

# Das Makroskop

Systemdenken als Werkzeug  
der Ökogesellschaft

Mit einem Vorwort von Frederic Vester  
Aus dem Französischen von Hans Dieter Heck  
in Zusammenarbeit mit Margot Schumacher  
und Gerlinde Quenzer



Rowohlt

Umschlagentwurf Werner Rebhuhn  
Veröffentlicht im Rowohlt Taschenbuch Verlag GmbH,  
Reinbek bei Hamburg, Juli 1979  
«Le macroscope. Vers une vision globale»  
Copyright © 1975 by Éditions du Seuil, Paris  
Copyright © 1977 by Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, Stuttgart  
Gesamtherstellung Clausen & Bosse, Leck  
Printed in Germany  
680-ISBN 3 499 17264 X

# Inhalt

Vorwort	9
<b>Das Makroskop – Einführung</b>	13
Die Natur in neuer Sicht – Keine »umzäunten Gärten« – Kreuzung im Ringverkehr – Gliederung	
<b>Quer durch den Makrokosmos</b>	
Ökologie	17
Der Lebensraum – Energie – Wasser, Luft, Mineralien und Leben – Der Stoffhaushalt in der Natur: Produktion, Verbrauch und Zersetzung – Abfallbeseitigung und Recycling – Das ökologische Gleichgewicht – Das »Gedächtnis« des Ökosystems: Die großen Reservoirs	
Wirtschaft	29
Jenseits der Makroökonomie – Die »Richtlinien der Haushaltsführung« – Vom Nomaden zum Unternehmer: Kurze Wirtschaftsgeschichte – Was treibt das Wirtschaftsgetriebe? – Die Entscheidungszentren – Probleme der Wirtschaftslenkung	
Stadt	44
Die Entwicklung der Städte – Die Stadt als lebender Organismus – Der »Stoffwechsel« der Stadt	
Unternehmen	49
Was charakterisiert ein Unternehmen? – Voraussetzung zur Unternehmensentwicklung – Die Bedeutung des Unternehmers – Strategie des Wachstums	
Organismus	54
Die wichtigsten organischen Funktionen – Das innere Gleichgewicht – Die Regulation der Lebensfunktionen – Dirigent der Instinkte – Das Gehirn: Kontroll- oder Entscheidungszentrum?	
Zelle	63
Das Leben der Zelle – Zelle und Organismus – Umwandlung und Nutzung der Energie in der Zelle – Die biologische Regelung durch Enzyme – Beispiel einer Enzymfunktion: Das Hämoglobin	



## **Die Systemrevolution – Eine neue Kultur**

Geschichtlicher Überblick über eine globale Betrachtungsweise 73

Die Synthese zum tieferen Verständnis – Das neue Hilfsmittel – Von der Kybernetik zur Gesellschaft – Maschinenintelligenz – Kopie lebender Organismen – Dynamik industrieller Unternehmen und Weltmodelle

Was ist ein System? 80

Die Kunst der Menschenführung – Offen und komplex – Aufbau eines Systems

Die Dynamik von Systemen 88

Positive Rückkopplung: Steigerung der Divergenz – Negative Rückkopplung: Konvergenz auf ein Ziel – Funktion von Flußgrößen und Reservoirs

Nutzen der Systemdynamik 95

Analyse und Synthese – Modellierung und Simulation als Grundverfahren – Intuitionswidriges Verhalten – Die Dynamik des Zustands – Die Dynamik der Veränderung – Die »zehn Gebote« der Systemdynamik – Gefahren der Systemdynamik und wie man sie vermeidet

## **Energie und Überleben**

Notwendigkeit der Systemdynamik 113

Geschichte der Energienutzung 114

Die Entwicklungssprünge – Energiekonzentration – Das Kapital der Erde

Die grundlegenden Energiegesetze 117

Die Wärmelehre: Quantität und Qualität – Energie, Leistung und Auslösevermögen – Geringerer Wirkungsgrad für höhere Leistung – Vergebliche Bemühungen

Stoffwechsel und Abscheidung sozialer Organismen 125

Proteine und Erdöl – Ein Wassertropfen im Ozean? – Abwärme, Partikelimmission und Kohlendioxid

Wirtschaft und Ökologie 130

Wirtschaft als Wissenschaft vom Leben – Die Kilokalorie als universelle Werteinheit – Energetische Analyse – Ursache der Ernährungskrise – Konkurrenz von Energie und Arbeit

Der Anfang der Bioindustrie 139

Das Durchstehen von Krisen – Revolution und neue »Knechtschaft« – Arbeit mit Mikroben – Nutzung der Enzyme – Mikroben und Computer – Nachahmung der Natur als Ideallösung – Öko-Engineering

# **Wechselwirkung von Information und Gesellschaft**

Die Grundlagen der Kommunikation 149

Materie, Form und Kommunikation – Warum Information messen? – Die Relation zwischen Information und Entropie – Geschichte der Kommunikation: Vom Molekül zur erdumfassenden Gemeinschaft – »Gesellschaft der Unmittelbarkeit?« – Absteigende und aufsteigende Information

Neue interaktive Kommunikationsnetze 160

Probleme mit der Praxis – Technische Mittel – Einrichtungen für die »Unmittelbarkeit« – Gesellschaftliche Auswirkung der Dienstleistungen

Soziale Rückkopplung 169

Möglichkeiten des Mitwirkens und das Ungleichgewicht der Macht – Umkehr der Gewalten – Die Rolle der Medien: Elektronische Mitwirkung – Probleme der Repräsentation – Vorteile und Gefahren der »Gesellschaft der Unmittelbarkeit«

## **Zeitablauf und Evolution**

Der »Chronozentrismus« 179

Erkenntnis der Zeit 180

Wie entsteht der Begriff der Zeit? – Entwicklung der Vorstellungen über das Problem der Zeit – Die Zeit in den modernen Theorien – Wie kommen wir aus unserem »Chronozentrismus« heraus?

Das Gefängnis der Zeit 188

Die Verbindung von Chronologie und Kausalität – Wie wird man einen Circulus vitiosus los? – Determinismus und Finalismus – Monod oder Teilhard? – Die kausale Erklärung: Die Divergenz – Die finale Erklärung: Die Konvergenz – Kommt man über die Alternative hinaus? – Die Komplementarität als dritter Weg

Evolution: Genesis des Unwahrscheinlichen 203

Verallgemeinerung der Evolutionsmechanismen – Genesis der Formen – Ausschalten und Divergenz – Gleichgewicht und Null-Wachstum – Eroberung der Zeit

## **Wertvorstellungen und Erziehung**

Bildung einer globalen Betrachtungsweise 215

Im Spiegel der Objektivität – Das Gesicht der Welt – Das Leben auf der Erde – Die Beschleunigung: Von der Ungeduld zum deutlich Sichtbaren

Neue Wertvorstellungen	221
Kritik an der Autorität – Kritik an der Arbeit – Kritik am Verstand – Kritik an menschlichen Beziehungen – Kritik am Konzept der Gesellschaft	
Erziehung zum Systemdenken	232
Modernisierung des traditionellen Bildungswesens – Illusionen der technologischen Pädagogik – Worauf soll die Systemerziehung beruhen? – Prinzipien der Systemerziehung – Grundmethoden: Selbstunterricht und Simulation – Öffnung zur Welt – Mögliche Strukturen paralleler Erziehung	
<b>Szenario einer neuen Welt</b>	
Warum ein Szenario?	247
Notizen über eine »Reise in den Ökosozialismus«	249
<b>Anhang</b>	
Literaturhinweise	257
Namen- und Sachregister	260



# Vorwort

Als der Verlag mich bat, zu diesem Buch ein Vorwort zu schreiben, stimmte ich nach Überfliegen des Inhalts spontan zu, weil de Rosnays Ansatz so ganz im Sinn meiner eigenen Arbeit liegt. Je mehr ich mich dann in das Buch hineinlas, desto schwerer machte es mir gerade jene Übereinstimmung – und damit mangelnde Distanz –, diesem Buch eigene Gedanken voranzustellen. Die Parallelen zu meinen eigenen Büchern, etwa zu »Das kybernetische Zeitalter« oder zu der letzten Studie meines Instituts »Ballungsgebiete in der Krise«, waren bis in manche Kapitelüberschriften hinein einfach verblüffend, und eigentlich hätte ein »Unbefangener« an dieser Stelle schreiben müssen. Nun, dann tat ich es doch, trotz oder wegen dieser Parallelen. Als konkurrierender Autor? Eben nicht. Denn auf dieser Ebene, wo es um eine Neuorientierung unserer Zivilisationsgesellschaft geht, kann jeder zusätzliche Impuls nur Verstärkung bedeuten. Was bleibt, ist eine weitere Stimme zur Vorbereitung auf ein neues Bewußtsein.

Der ganze Ansatz von de Rosnay, der weite Bogen, den er spannt, die Konsequenzen und Schlußfolgerungen, die er aus seinen biologischen Analogien zieht, sind bei aller vielleicht unterschiedlichen Interpretation doch bis in die tieferen Aussagen hinein eine Bestärkung der neuen biokybernetischen Richtung. Seine Beobachtungen durch das »Makroskop« ergänzen und erhellen die Erkenntnisse, die andere und ich selbst im Lauf der Jahre durch die Beschäftigung mit der Organisation überlebensfähiger Systeme gewonnen haben.

Unvermeidbar, daß dies sogar bis in die Didaktik hineingeht: Auch de Rosnay stellt die Frage einer neuen Erziehung, neuer Lernformen, eines neuen Unterrichts zur Diskussion und damit die Frage des Umschwenkens in eine Richtung, die man als *biologisch sinnvolles Lernen* bezeichnen kann. Sein Appell für einen Übergang vom linearen Kausaldenken auf ein vernetztes Funktionsdenken (welches uns Menschen heute noch an Schulen und Universitäten weitgehend ausgetrieben wird) ist unüberhörbar. Und er zögert nicht, auch die mathematischen Grundlagen seiner Betrachtungen offenzulegen, über lineare und exponentielle Funktionen zu sprechen, über solche mit Sättigungswert und Rückkopplungen, die im

Grund ja so einfach sind und lediglich durch die beklagenswerte abstrakte Verbrämung der Mathematik in unseren Schulen jene altbekannte Abwehr im normalen Bürger erzeugen.

De Rosnay ist Biologe. Ein echter Biologe, der die Organisation lebender Systeme zu begreifen sucht und sich selbst als Teil eines solchen sieht. Wenn einer nicht nur Zelltechniker, Enzymexperte oder systematisierender Morphologe ist, wenn er nicht nur Biologie *treibt*, sondern auch biologisch *denkt*, so kann er auch nur auf diese Weise schreiben. Ja, er muß die Dynamik, die Vernetzung, die Kybernetik und die Evolution, die wir in der Biologie beobachten, mit hineinnehmen, muß auf die Bedeutung jenes Umschwenkens auf ein biologisches Funktionsdenken hinweisen, das uns vielleicht noch vor dem sonst sicheren Sturz in den Abgrund bewahren kann. Die lebendige Natur hat bis heute mit speziellen Systemgesetzen überlebt, die wir gerade zu erforschen beginnen. Biokybernetische Gesetze, die durchaus den bisherigen drei Hauptsätzen der Thermodynamik ebenbürtig sind und wahrscheinlich ebensowenig wie diese verletzt werden dürfen. Von daher ist die Biologie inzwischen die einzige Wissenschaft, die unserer menschlichen Zivilisation die notwendigen Hilfen geben kann, zu einem überlebensfähigen System zu werden.

Auch dieses Buch wird dazu mithelfen. Es lehrt vernetzte Systeme zu erkennen, Zusammenhänge zu bilden und mit dem »Makroskop« hinter das zu schauen, was die Biosphäre – und die als Subsystem in ihr enthaltene menschliche Gesellschaft – zu einem System macht. Jenes Makroskop hilft das Wirkungsgefüge zu erfassen, das hinter den sichtbaren Einzelgliedern eines unsichtbaren großen Organismus abläuft, hinter den von uns immer getrennt betrachteten Größen wie Industrie, Städten, Landwirtschaft, Rohstoffen, Konsumverhalten, Wasserhaushalt, Energiewirtschaft, Gesundheit, Sozialkosten und vielen anderen Faktoren, die jedoch über einen ständigen Stoff-, Energie- und Kommunikationsaustausch eng zusammenhängen.

De Rosnays Sprache ist plausibel, klar und anschaulich. Sie ist sach- und nicht sprachbezogen und konkretisiert das Abstrakte – was gerade bei französischen Wissenschaftsautoren nicht häufig anzutreffen ist. In seinem Land gibt es nicht eine Art von Sachbuch wie bei uns. Wir haben dort entweder hochgestochene Abhandlungen über die verschiedenen Wissensgebiete, nahe am Fachbuch, oder aber eine »vulgarisation des sciences«, die meist noch unter dem Niveau unserer Illustrierten liegt und von den Gebildeten als indiskutabel betrachtet wird. De Rosnay ist also einer der wenigen, die, aus dem Fach kommend, die Denkweise dieses Faches offenlegen, sich nicht vor Beispielen und handgreiflichen Analogien scheuen und dabei auf zweierlei verzichten: auf die mehr dem eigenen Prestige als dem Leser dienende akademische Verpackung wie auch auf das bei der kunstvollen französischen Sprache so verständliche »Sich-verlieren« in geschliffenen Wendungen und den Inhalt nur noch als Mittel

benutzenden Formulierungsspielen, die, wie bei so manchen Elaboraten ähnlicher Art der Fall, dann zum Selbstzweck werden.

So ist es für mich eine besondere Freude, diesen Autor und dieses Buch einem möglichst großen Leserkreis ans Herz zu legen. Die spezielle Darstellung de Rosnays wird sicher im Leser auch ein zusätzliches Verständnis für Aussagen manch anderer systemorientierter Autoren wecken, gerade wenn diese nicht von seiten der Biologie kommen. Ich denke zum Beispiel an den Nationalökonom E. F. Schumacher, den Mediziner Lewis Thomas, den Informatiker Dennis Meadows, den Physiker Eduard Pestel, den Ökomathematiker Howard Odum oder den Ökologen Paul Ehrlich. Die Erkenntnis der Gesetze lebender Systeme ist noch so neu und weithin noch so unbekannt, daß sie nicht oft genug – und vor allem von immer wieder neuen Seiten – an das Bewußtsein anklopfen kann – und so vielleicht nach und nach in das Denken und Handeln eindringt.

So wird auch dieses Buch weitere Zielgruppen ansprechen, wird zusätzliche Denkmuster und Wellenlängen erreichen und einen weiteren Baustein zu dem so eminent lebenswichtig gewordenen vernetzten Denken darstellen, zu einer Art zweiter biologischer Aufklärung, die nicht nur Mensch und Umwelt als solche zu erkennen sucht, sondern die das Gesamtgefüge Mensch–Umwelt als entwicklungsfähige und präzisen Gesetzen unterliegende Symbiose darstellt.

Frederic Vester





# Das Makroskop – Einführung

Mikroskop und Teleskop stehen für die großen wissenschaftlichen Errungenschaften im Bereich des Kleinsten und des Kosmos: Das Mikroskop hat tiefe Einblicke in den Bereich des Lebendigen eröffnet, zur Entdeckung der Zelle, der Mikroben und der Viren geführt und damit die Fortschritte auf dem Gebiet der Biologie und Medizin möglich gemacht; das Teleskop hat den Blick in die Unendlichkeit des Kosmos erweitert, ließ die Bahnen der Planeten und der Sterne erkennen und hat die Menschen auf die Eroberung des Weltraums vorbereitet.

Heute stehen wir vor einem anderen, noch weitgehend unbekannten Gebiet: dem der unbegrenzten komplexen Systeme, diesmal jedoch ohne Instrument. Nur unsere Gehirne, unsere bloße Intelligenz und Logik sollen die unbegrenzte Vielfalt des Lebens und der Gesellschaft durchschauen. Verwirrend sind Anzahl und Vielfalt der Elemente, der Beziehungen und Wechselwirkungen sowie der Kombinationsmöglichkeiten, auf denen die Funktion der großen Systeme beruht, in denen wir nur winzige Rädchen sind. Dem Spiel ihrer Wechselwirkung und ihrer Eigendynamik können wir nicht folgen, denn sie verändern sich in dem Augenblick, in dem wir sie zu erfassen suchen. Wir müssen sie aber besser verstehen, wenn wir sie beeinflussen wollen. Ohne Zweifel ist dazu der Computer ein unentbehrliches Instrument, das aber nur die Funktion eines Katalysators hat und nicht das eigentliche Werkzeug ist, das wir so dringend benötigen.

## Die Natur in neuer Sicht

Dieses neuartige Werkzeug müßte denjenigen zur Verfügung stehen, die ihre Handlungen besonders genau zu bedenken und einzuordnen haben: den Hauptverantwortlichen in der Politik, in der Wissenschaft und in der Industrie, aber auch jedem von uns. Ich will dieses Werkzeug »Makroskop« nennen. Es ist jedoch ein Instrument symbolischer Art: der Inhalt aller Methoden und Techniken, die äußerst unterschiedlichen Disziplinen entlehnt sind. Das Makroskop kann als Symbol einer neuen Art des Betrachtens, des Verstehens und des Handelns angesehen werden.

Bedienen wir uns also des Makroskops für eine neue Betrachtungsweise der Natur, der Gesellschaft und des Menschen, um neue Maßstäbe für die Erziehung und unser Handeln zu entwickeln. Mit Hilfe des Makroskops erscheinen gesellschaftliche Einrichtungen, Ereignisse und Entwicklungen in einem völlig neuen Licht. Das Makroskop vernachlässigt Details, stellt aber Verbindungen verstärkt dar und läßt Ähnlichkeiten hervortreten, ermöglicht die Beobachtung von allem, was für unsere Augen zu gewaltig ist, zu langsam abläuft oder zu komplex zur Erfassung ist – zum Beispiel der menschlichen Gesellschaft, deren Dynamik unseren Sinnesorganen vollständig entgeht. Auf der Suche nach mehr Erkenntnis waren Forschungsobjekte einst diskrete Einheiten, die Erklärungen ermöglichten: die Moleküle, die Atome und die Elementarteilchen. Heute jedoch sind wir selbst in bezug auf die Gesellschaft Elementarteile. Um die Systeme, die uns vereinigen, besser zu verstehen, müssen wir unseren Blick auf sie schärfen, ehe sie uns vernichten. Die Rollen sind vertauscht: Nicht mehr der Biologe betrachtet mit dem Mikroskop eine lebende Zelle; die Zelle vielmehr betrachtet selbst durch das Makroskop den sie schützenden Organismus.

### **Keine »umzäunten Gärten«**

Man spricht heute viel über die Bedeutung einer »Gesamtschau« und »Synthese«, um die großen Probleme unserer modernen Welt bewältigen zu können. Leider jedoch hat uns unsere Erziehung offensichtlich darauf nicht vorbereitet. Unsere Einteilung des Wissens in zahlreiche Disziplinen zerstückelt die einheitliche Natur in einzelne, sorgfältig »umzäunte Gärten«. Wir brauchen uns nur an unsere eigenen Schulfächer zu erinnern: Deutsch, Mathematik, Naturwissenschaften, Geschichte und Geographie, Sozialkunde und Sprachen – Fragmente eines in Teile zerlegten Gesamtwissens.

Soll man sich also an die »analytische Methode« halten, die die einzelnen Elemente und Variablen in der Einzelbetrachtung und Einzeluntersuchung vom Gesamten abtrennt? Noch immer sind die Experten mit Analysen und Diskussionen beschäftigt; der technologische Aufbruch und die kulturelle Revolution erzwingen jedoch völlig neue Anpassungsvorgänge der Gesellschaft. Die beträchtliche Zeitspanne, die im allgemeinen zwischen der Wahrnehmung von Problemen und der Realisierung weitreichender Beschlüsse verstreicht, macht unsere bisherige analytische Methode für die Untersuchung komplexer Erscheinungen lächerlich.

Es gibt jedoch heute den systemtechnischen Ansatz, der auf einer globalen Betrachtung der Probleme beruht und sich besonders mit den Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Systemelementen befaßt. Aber mit diesem Ansatz lassen sich nicht alle Probleme lösen. Welche praktische



Bedeutung hat er trotz dieser Einschränkung? Kann er unser Weltbild erweitern? Ermöglicht er, unser Stückwissen zu koordinieren? Führt er zu neuen Wertvorstellungen und Verhaltensregeln, die unsere Handlungen motivieren und leiten können?

## Kreuzung mit Ringverkehr

Das vorliegende Buch versucht darauf Antworten zu finden. Sein Aufbau, seine Didaktik und seine Aussage beruhen auf drei Grundprinzipien: Wissensvermittlung, Erarbeitung von Zusammenhängen zum besseren Verständnis und Wissensvertiefung zur Nutzenanwendung.

Ich habe darauf verzichtet, ein Buch nach klassischer Art zu schreiben, ein sogenanntes »lineares Buch«, in dem die vorgebrachten Ideen jeweils analog entwickelt und in aufeinanderfolgenden Kapiteln entsprechend dargelegt werden. Dies ist kein Buch, das einer Einbahnstraße gleicht und dessen Aussage man nur dann verstehen kann, wenn man den Inhalt aller aufeinanderfolgender Kapitel aufgenommen hat. Eher gleicht es einer Kreuzung mit Ringverkehr, in die man von verschiedenen Richtungen aus einfahren kann. Wenn man einige einfache Regeln, die gleich zu Beginn vermittelt werden, beachtet, kann man sich bei der Lektüre in diesem Buch frei bewegen: Seinem Interesse und seiner Neigung entsprechend, kann jeder Leser selbst bestimmen, was er lesen möchte. Erreicht wird dies dadurch, daß die Teile und Kapitel »Modulen« darstellen, die in gewissem Sinn unabhängig voneinander sind, jedoch allesamt für eine Zusammenschau, wie ich sie vermitteln möchte, von Bedeutung sind.

## Gliederung

Das erste Kapitel *Quer durch den Makrokosmos* beschreibt die Funktion der wichtigsten Natursysteme. Es ist didaktisch so angelegt, daß sich auch der Leser rasch darüber informieren kann, was heute in der Ökologie, der Biologie und der Wirtschaft von grundlegender Bedeutung ist.

Das zweite Kapitel *Die Systemrevolution – Eine neue Kultur* führt in die Systemdynamik zur Erfassung einer komplexen Vielfalt ein. Das Kapitel schildert, was sich hinter der banalen Bezeichnung »System« verbirgt. Es erläutert die fundamentalen Gesetze, die Invarianten und die allgemeinen Prinzipien, über welche die Hauptelemente in der Natur miteinander verknüpft sind. Dieses Kapitel liefert den Schlüssel für das Verständnis des Buches und kann als Gebrauchsanweisung für das Makroskop bezeichnet werden.

In den drei folgenden Kapiteln, nämlich *Energie und Überleben, Wechselwirkung von Information und Gesellschaft sowie Zeitablauf und Evolution*,

wird versucht, den gesamten Ansatz der Systemtechnik auf drei fundamentale Wissensgebiete anzuwenden: auf die Energie, die Informationswissenschaft und auf unser Wissen über den Zeitablauf. Diese drei Kapitel umfassen die Hauptaussage des Buches, denn Energie, Information und Zeitablauf sind diejenigen Elemente, von denen unser Handeln weitgehend abhängig ist.

Das sechste Kapitel *Wertvorstellungen und Erziehung* läßt erkennen, wie sich auf der Basis einer Zusammenschau neue Wertvorstellungen entwickeln können. Es ergeben sich dabei die Grundzüge einer Erziehung von morgen – die Wesenszüge einer sich entwickelnden Gesellschaft werden aufgezeigt.

Man sieht also, daß ich in die Ausführungen am Schluß notwendigerweise wieder die Aussagen am Anfang einbeziehe. Die Leser können deshalb die Lektüre auch mit dem Schlußkapitel über das Szenario unserer Erde beginnen. Wer sich jedoch besonders für Biologie und Ökologie interessiert, kann auch zuerst das Kapitel über die Zelle und über das Ökosystem lesen. Wem die Kybernetik und die Systemdynamik keine Geheimnisse mehr bieten, kann sich zuerst mit den Kapiteln über die Evolution und den Zeitablauf, die Energie und die Information befassen.

Ich möchte zu einer neuen Art von Dialog anregen. Ich will das kreative Denken und die Vorstellungskraft fördern und nicht nur reines Wissen vermitteln. Der Leser soll seine Denkfähigkeit, seine Intuition und sein Vermögen zur Synthese nutzen. Sicherlich ist eine derartige Mitarbeit bei der Lektüre in einem gewissen Maß anstrengend. Jedoch bin ich davon überzeugt, daß dies eine Art von Kommunikation zwischen Leser und Autor ist, die geistige Befriedigung ermöglicht.

# Quer durch den Makrokosmos

»Unsere Welt besteht heute aus Mitteilungen, Code-Zeichen und Informationen. Wie werden sich die Elemente, aus denen unsere Umwelt besteht, morgen neu gruppieren? Welche neue russische Puppe wird dabei zum Vorschein kommen?«

François Jacob

Atome, Moleküle, Zellen, Organismen, die gesamte menschliche Gesellschaft, sind ineinander verschachtelt wie die Hohlpuppen eines russischen Puppenspiels. In diesem Bild hat die größte Puppe die Ausmaße unseres Planeten. In ihr stecken die Puppen, die unsere menschliche Gesellschaft, ihre Wirtschaft und Industrie symbolisieren. In diesem Puppenhohlkörper steckt wiederum die Puppe, die unsere Städte und die Unternehmungen symbolisiert. Man könnte diese Analogie bis zu den allerwinzigsten Puppen fortsetzen, die Moleküle, Atome und Elementarteilchen darstellen würden. Diese einleitende Erklärung hat einen doppelten Zweck: Sie soll zunächst ein Grundwissen über Ökologie, Biologie und Wirtschaft vermitteln, denn diese Bereiche unseres Wissens stellen uns heute vor die Notwendigkeit, unsere Denkweise zu modifizieren. Weiterhin sollen Systeme und Systemansatz eingeführt werden. Beim Öffnen jeder einzelnen Puppe des russischen Puppenspiels zeigen sich – um in unserem Bild zu bleiben – praktische Beispiele, denen dann die theoretische Grundlage folgt.

## Ökologie

### Der Lebensraum

Das gesamte Leben auf unserer Erde beruht auf der Funktion des Ökosystems in vergangenen Zeiten und in der Gegenwart. Dies gilt für die kleinsten Bakterien ebenso wie für die riesigen tropischen Regenwälder, für die zartesten Planktonzellen in den Ozeanen ebenso wie für den Menschen, seine Landwirtschaft und seine Industrie. Nur durch die aus Lebewesen angesammelten organischen Massen in Form fossiler Brennstoffe, unserer heutigen Energiereserven, können die komplexen Strukturen, wie sie unsere großen Städte, die Industrien und die Kommunikationssysteme darstellen, in Funktion gehalten werden.

Das Ökosystem ist, wenn man die Bezeichnung wörtlich nimmt, das »Haus des Lebens«. Die Bezeichnung für die Wissenschaft, die sich mit dem Ökosystem befaßt, ist die Ökologie. Diese Bezeichnung wurde

erstmal 1866 von dem Biologen Ernst Haeckel benutzt und setzt sich aus den Wortstämmen *oikos*, »Haus«, und *logos*, »Wissenschaft«, zusammen. Die Ökologie befaßt sich mit den Beziehungen zwischen Lebewesen und ihrer Umwelt. Aber das Ökosystem ist mehr als nur ein »Milieu«, in dem Leben stattfindet. In gewissem Sinn ist das Ökosystem selbst ein lebender Organismus. Die unermesslichen Kreisläufe, die im Ökosystem stattfinden, umfassen den Bereich der mineralischen Stoffe ebenso wie den der Lebewesen. Die biologischen Zentralen im Ökosystem produzieren Milliarden Tonnen von lebendem Material. Die so entstehenden organischen Massen häufen sich nach und nach an, werden aber auch wieder umverteilt abgebaut und in Form mineralischer Substanzen erneuter Nutzung zugeführt: Sie geraten wiederum in die Organismen und werden mit Hilfe der Sonnenenergie umgewandelt. Das »Leben« des Ökosystems zeigt sich uns zunächst in der atmosphärischen Zirkulation – in Form von Winden als Wolkenzug und Niederschlag –, es manifestiert sich im Wasserkreislauf mit Flüssen, die dem Meer zufließen, in großen Ozeanströmungen und in den Gletscherbewegungen. Auch Erdbeben, vulkanische Ausbrüche, Erosion und Sedimentation gehören zu diesen Lebensäußerungen und – über längere Zeiträume betrachtet – schließlich auch die Gebirgsbildung.

Im Verlauf der Lebenszyklen werden die Grundstoffe der lebendigen Massen immer wieder neu zusammengebaut und verändert.

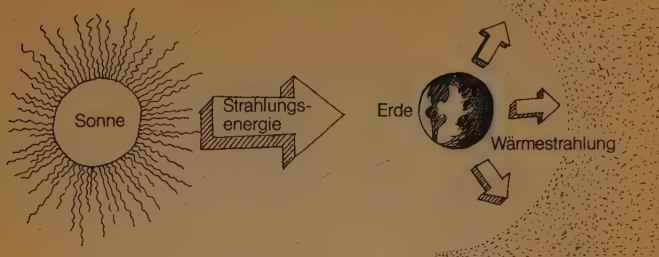
## Energie

Für alle diese Umwandlungen ist Energie erforderlich, die aus drei Hauptquellen stammt: aus der Sonnenstrahlung, der inneren Energie des Erdballs (als seismische und geothermische Energie) und aus der Gravitation.

Die Sonneneinstrahlung jedoch ist die bei weitem wichtigste Energiequelle, die 99 Prozent der auf unserem Planeten wirksamen Gesamtenergie liefert. Die Energie der fossilen Brennstoffe wie Kohle und Erdöl ist letzten Endes nichts anderes als »konservierte« Sonnenenergie.

Die Kreisläufe im Ökosystem kommen also letztlich durch die Sonnenenergie zustande. Um Arbeit zu leisten, ist aber stets ein Energiefluß von einer »warmen« Energiequelle zu einem »kalten« Bereich erforderlich, weil sich letzten Endes jede Art von Energie in Wärme umwandelt und Wärmeenergie nur in kältere Bereiche strömt und sich dort verteilt. Im »kalten« Bereich verliert sich die genutzte Energie unwiederbringlich. Im System Sonne-Erde ist die warme Energiequelle der Fluß von Strahlungsenergie, die in erster Linie langwellige elektromagnetische Strahlung darstellt; die »kalte« Zone bildet der Weltraum, der die von der Erde abgestrahlten beziehungsweise reflektierten Energiemengen aufnimmt.





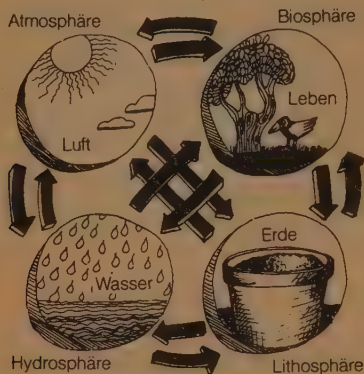
Die Energiestrahlung der Erde in den Weltraum ist eine weiträumige Verteilung von Wärmeenergie. Beim Arbeitsablauf wird Energie »desorganisiert«, sie geht von der konzentrierten Form bei der Nutzung in verteilte Wärme über. Zwischen Sonneneinstrahlung, der Energieumsetzung auf der Erde und der Energieabstrahlung durch die Erde in den Weltraum stellt sich ein Gleichgewichtszustand ein. Folge dieser Energiebilanz ist die im Durchschnitt äußerst gleichmäßige Oberflächentemperatur der Erde. Von den Lebewesen auf der Erde wird nur ein winziger Teil der ungeheuren Mengen eingestrahelter Energie genutzt.

## Wasser, Luft, Mineralien und Leben

Das Ökosystem setzt sich aus vier Hauptbereichen zusammen, die alle untereinander in Wechselwirkung stehen. Diese Bereiche bilden die Luft, das Wasser, die geologischen Formationen und das Leben. Wissenschaftlich werden diese Bereiche in derselben Reihenfolge Atmosphäre, Hydrosphäre, Lithosphäre und Biosphäre genannt. Die Pfeile zwischen den Kreisen in der auf Seite 20 stehenden Zeichnung versinnbildlichen die Wechselwirkungen zwischen diesen vier ökologischen Hauptbereichen. Auch die Sedimente, die sich am Grund der Meere bilden, stellen keine Ausnahme von dieser ökologischen Grundregel dar. Die Sedimentzusammensetzung ist nämlich keineswegs allein vom Leben in den Ozeanen und von der Wasserzusammensetzung abhängig, sondern auch von der Beschaffenheit der Atmosphäre.

Die unerschöpfliche Sonnenenergie durchfließt das Ökosystem irreversibel. Die Menge der chemischen Elemente jedoch, aus denen sich alle uns bekannten organischen und mineralischen Massen auf der Erde aufbauen, ist begrenzt. Nichts kommt aus dem Weltraum hinzu, nichts verläßt die Erde. Die im Ökosystem vorhandenen Mengen müssen deshalb immer wieder neu genutzt und der Wiederverwendung zugeführt werden. Alles,

was lebt, ist aus sechs Grundelementen aufgebaut: Kohlenstoff (C), Wasserstoff (H), Sauerstoff (O), Stickstoff (N), Schwefel (S) und Phosphor (P). Die biologischen Strukturen bleiben erhalten, aber die Elemente, aus denen sie aufgebaut sind, werden ständig ersetzt. Die angelsächsischen Biologen nennen diese ständige Stoffumsetzung *turnover*. Die Lebewesen und die von ihnen gebildeten Kolonien wie Wälder, Bevölkerungen, Korallenriffe und ähnliches befinden sich also stets gleichzeitig im Auf- und im Abbau. Da Materie nicht neu gebildet wird, muß das Ökosystem über einen beträchtlichen Vorrat an austauschbaren Elementen verfügen, um dieses Recycling sicherzustellen und mittels eines Regulationssystems die Umwandlungsprozesse zu steuern, so daß weder Überfluß noch Mangel entsteht.



Die charakteristischen Eigenschaften eines Ökosystems zeigen sich bereits in einer Glasflasche, die Wasser, Luft, eine kleine Menge Mineralien in Form von Sand und Erde und eine winzige Menge lebender Masse enthält. Unter Einfluß des Sonnenlichts entsteht in dieser Flasche eine erstaunliche Aktivität. Dem jeweiligen Einfallswinkel der Sonnenstrahlung und der ungleichmäßigen Ausleuchtung entsprechend, bilden sich in der Flasche verschiedenartige Temperaturzonen, die wieder Ausgleichsströmungen in Wasser und in der Luft zur Folge haben. Es sind gleichartige Erscheinungen wie auch auf der Erde, auf der ebenfalls Temperaturdifferenzen zur Verlagerung bedeutender Wasser- und Luftmassen führen und damit Winde, Meeresströmungen und Wellen zur Folge haben. Sind in der Flasche auch nur wenige einzellige Algen enthalten, die zur Photosynthese fähig sind, und enthält sie auch einige Protozoen (einzellige, tierische Lebewesen), so setzen biologische Kreisläufe ein: Die Algen vermehren sich, produzieren organische Materie, die von den Protozoen

als Nahrung aufgenommen und verdaut, das heißt mit Sauerstoff verbrannt wird. Bei diesem Stoffwechselvorgang wird die Energie frei, die die Protozoen für ihre Lebensvorgänge und zum Aufsuchen von Nahrung benötigen. Für ihre Stoffwechselvorgänge benötigen die Protozoen Sauerstoff, den die Algen wiederum als Folgeprodukte der Photosynthese abgeben. Beim Stoffwechsel der Protozoen und bei der Zersetzung abgestorbener Zellen wird andererseits Kohlendioxid frei, aus dem die Algen mit Hilfe des Sonnenlichts wiederum pflanzliche Massen aufbauen und Nahrung für die Produktion bilden. Der biologische Kreislauf ist damit geschlossen. Alle Elemente in der Flasche werden schließlich umgesetzt. Aus den mineralischen Stoffen stammen in erster Linie die Baumaterialien für die pflanzlichen Massen.

Gleichartig werden im globalen Ökosystem die lebenswichtigen Elemente in steter Folge von Nutzung und Regeneration in den bekannten Kreisläufen geführt. Die Elemente zirkulieren zwischen den großen Reservoirs, in denen sie jeweils eine gewisse Zeit verweilen und als Vorräte gehalten werden: der Atmosphäre und der Hydrosphäre, in den Sedimenten und der Biomasse (worunter man die Gesamtheit aller lebendigen Substanzen versteht). Beim Übergang von einem Reservoir in das andere gruppieren sich die Elemente nach verschiedenartigen Gesichtspunkten um. Sie werden zu einzelnen Molekülen beim Übergang in die Atmosphäre, zu Ionen gelöster Substanzen in der Hydrosphäre, zu Kristallen in der Lithosphäre und zu komplizierten biologischen Verbindungen wie Eiweißen und ähnlichem in der Biosphäre.

### **Der Stoffhaushalt in der Natur: Produktion, Verbrauch und Zersetzung**

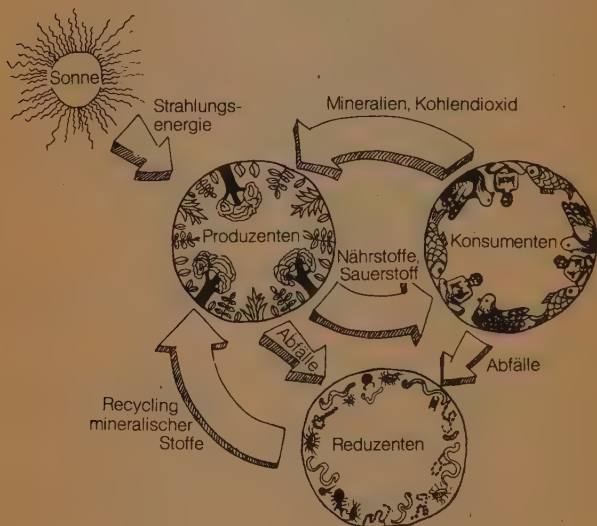
Die organische Stufe im ökologischen Zyklus kann als der eigentliche »Motor« des gesamten Stoffkreislaufs betrachtet werden. In dieser Etappe werden die zur Aufrechterhaltung des Lebens wichtigen Substanzen aufgebaut und verbraucht. Dadurch reguliert sich der Gehalt der Atmosphäre an Sauerstoff, und es bilden sich Milliarden von Tonnen organischen Materials. Dieser organisierte Vorgang ist durchaus mit Abläufen in der Industrie und der Wirtschaft vergleichbar: Es wird produziert, gelagert, verteilt, verbraucht, Energie wird an die Umwelt verteilt, das gesamte Material unterliegt dem Recycling. Hinsichtlich dieser natürlichen »Industrie« und »Wirtschaft« lassen sich alle Lebewesen in drei Hauptgruppen einteilen: in *Produzenten*, *Konsumenten* und *Reduzenten*.

Die *Produzenten* sind die grünen Land- und Wasserpflanzen, ganz allgemein alle Organismen, die zur *Photosynthese* fähig sind, das heißt zum Aufbau organischer Materie mit Hilfe des Sonnenlichts und des Kohlendioxids aus der Luft (man nennt sie auch autotrophe Organismen).

Zur Gruppe der *Konsumenten* gehören sämtliche Tiere, gleichgültig, ob groß oder klein, ob Pflanzen- oder Fleischfresser, gleichgültig auch, ob sie nun auf dem Land oder im Wasser leben. Sie ernähren sich von Organismen und setzen deren organische Masse zum Aufbau ihrer eigenen Gewebe um. Diese Umsetzung erfolgt durch eine innere Oxidation, die man *Atmung* nennt. Alle Lebewesen, die organische Materie benötigen, sind heterotroph.

Die dritte Gruppe, die *Reduzenten*, ernähren sich von totem organischen Material oder auch komplizierten chemischen Substanzen und zerlegen sie unter Energiegewinn in einfachere chemische Verbindungen.

Die nunmehr folgende Schemazeichnung verdeutlicht die Wechselwirkungen zwischen diesen drei Gruppen von Organismen, auf deren Aktivität die Funktion des Ökosystems und die Regulation seines Gleichgewichts beruht.



Tagsüber, unter Lichteinfluß, synthetisieren die Produzenten riesige Mengen organischer Stoffe, die in den Pflanzenzellen gespeichert werden. Gleichzeitig werden von den Pflanzen große Sauerstoffmengen freigesetzt. In der Nacht überwiegt jedoch der Oxidationsprozeß durch die Konsumenten, die mit Hilfe des Sauerstoffs aus der aufgenommenen organischen Materie mit Hilfe der Atmung körpereigene Stoffe aufbauen und speichern, die ihnen auch als Energiequelle dienen. Natürlich atmen



die Tiere, die Pflanzen und die Reduzenten auch bei Tag, aber die Produktionsprozesse bei Lichteinfluß überwiegen tagsüber mengenmäßig. Die beiden Vorgänge, auf denen das Leben beruht, die Produktion und der Verbrauch (also die Photosynthese und die Atmung), sind miteinander verkoppelt. Zwischen den Organismen, die Strahlungsenergie in Form von Licht umwandeln, und denjenigen, die chemisch gebundene Energie transferieren, zeigt sich ein wichtiger Unterschied. Die in den Molekülgruppierungen gespeicherte chemische Energie wird erst frei, wenn die Verbindungen aufgebrochen werden, zum Beispiel bei einer Verbrennung mit offener Flamme oder aber einer langsamen, kontrollierten Oxidation wie der Atmung. Die Konsumenten, die grünen Pflanzen dagegen, nutzen die freie Energie, die ihnen durch die Lichtstrahlung geliefert wird. (Letzter Satz Zusatz des Übersetzers.)

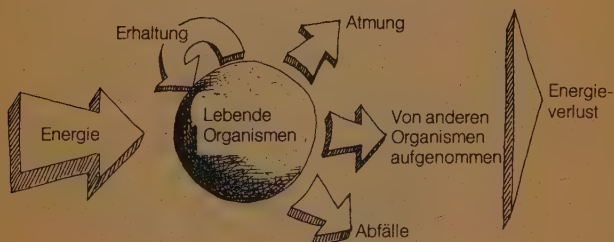
Die von den Produzenten chemisch gebundene Energie durchläuft die gesamte Nahrungskette der Konsumenten, also zunächst die der Pflanzenfresser und danach die der verschiedenen Fleischfresser. Jede Art nutzt dabei die zuvor in den Geweben ihrer Beutetiere, ihrer Vorgänger in der Nahrungskette, gespeicherte Energie. Diese Energie wird bis zum schließlichen Zerfall der tierischen Kadaver genutzt. Auch die reduzierenden Mikroorganismen gewinnen schließlich noch Energie aus den relativ einfachen organischen Molekülen, indem sie sie in mineralische Stoffe rückverwandeln und sie damit erneut dem ökologischen Kreislauf zuführen.

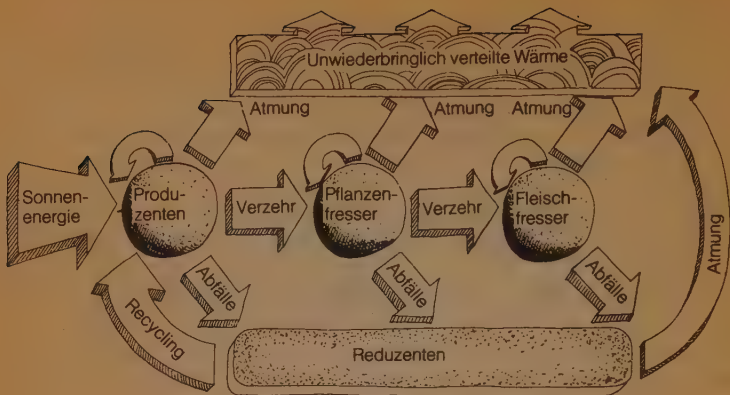
Welcher Art die umwandelnden Organismen auch sein mögen: In der Nahrungskette der drei verschiedenen Organismengruppen geht die beim organischen Aufbau zunächst gespeicherte Energie wieder verloren, entsprechend der allgemeinen Energiedissipation.

Energie, die durch die *Atmung* in Arbeit umgesetzt wird, geht unwiederbringlich als Wärme an die Umgebung verloren.

Ein Energieverlust tritt dadurch ein, daß pflanzliches oder tierisches Gewebe, in dem zuvor Energie gespeichert worden ist, durch *Folgeorganismen* in der Nahrungskette verzehrt wird.

Am Energieverlust ist schließlich die *Zerlegung* toten organischen Materials beteiligt.





Die beiden Schemazeichnungen sollen die Energieumsetzung in der Nahrungskette und die dabei auftretenden Energieverluste illustrieren.

## Abfallbeseitigung und Recycling

Die Funktion der pflanzlichen Produzenten und der tierischen Konsumenten ist zwar allgemein bekannt, sehr viel weniger jedoch das Wirken der zerlegenden Mikroorganismen. Diese Reduzenten sorgen jedoch dafür, daß die organischen Abfälle in Substanzen umgewandelt werden, die unter Sauerstoffabschluß in Sedimenten gespeichert, als lösliche Moleküle mit den Gewässern abgeführt oder als Gasmoleküle in die Atmosphäre freigesetzt werden. Über kurz oder lang werden alle diese chemisch einfachen Stoffe innerhalb des Ökosystems wieder verwendet.

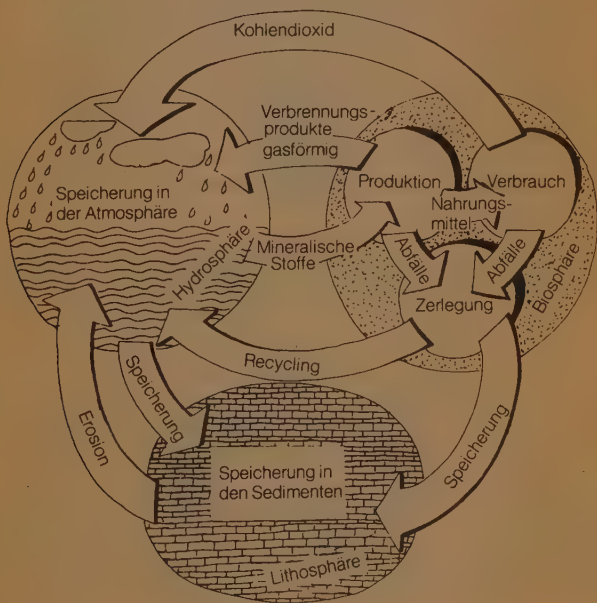
Zu den Reduzenten, den Stoffzerlegern, gehören in erster Linie die Bakterien, die Pilze und Hefen, in weiterem Sinn kann man auch manche Algen, Protozoen (tierische Einzeller), manche Insekten und Molusken dazurechnen.

Die organischen Moleküle der Exkremente, des Urins und im Zerfall befindlicher Gewebe und aller sonstigen abbaubaren Abfälle werden von den Reduzenten in sehr einfache Molekülgruppierungen aufgebrochen. Dieser Molekülabbau führt schließlich bis zum Kohlendioxid und zum Wasser, den Endprodukten des Abbaus organischer Materien.

Solch ein vollständiger Abbau findet zum Beispiel in der sauerstoffreichen Sphäre eines Waldes statt, in jedem gut belüfteten Erdboden, der durch Insekten oder Würmer aufgelockert ist. Die schwer abbaubaren Strukturen, wie zum Beispiel Zellulosefasern, bilden den Humus. Die mineralischen Elemente Stickstoff, Schwefel und Phosphor werden vollständig

aufgeschlossen. Auch die Reduzenten zeigen dabei einen Atmungsstoffwechsel. Sie geben Kohlendioxidgas für die Pflanzen ab und setzen große Wärmemengen frei. An jedem sich zersetzenden Heu- oder Misthaufen kann man sich davon selbst überzeugen.

Aber die Molekülaufspaltung kann auch unter Sauerstoffabschluß stattfinden, zum Beispiel am Grund eines schlecht belüfteten Sees, in Sümpfen oder innerhalb von Kadavern. Diese Art des Abbaus ist unvollständig, der Zerfall geht sehr langsam vor sich und setzt weniger Energie frei: Wissenschaftlich nennt man ihn *Fermentation* oder Gärung. Die unvollständig oxidierten Stoffe häufen sich an, es kommt zu einer typischen Geruchsentwicklung, wie zum Beispiel in der Nähe faulender Gewässer. Die Stoffe dieser anorganischen substanzreichen Ablagerungen werden allmählich zu Sedimenten. Auf diese Weise entsteht Torf, schließlich Kohle und auch das Erdöl. Die durch die Tätigkeit der Reduzenten in den Sedimenten angereicherten Nitrate, Sulfate und Phosphate können durch Winderosion, Frost oder Regen schließlich wieder freigelegt werden oder lösen sich auch in Wasserläufen. Über Pflanzenwurzeln gelangen sie auf diese Weise wieder in die Nahrungskette der Organismen, die sie schließlich wieder mit dem Urin der Tiere, der besonders nitratreich ist, und mit deren Exkrementen, die vor allem Schwefel und Phosphor enthalten, verlassen.



Der Kreislauf der Stoffe, aus denen lebende Materie aufgebaut wird, zeigt also eine organische und eine anorganische Phase. Die miteinander verkoppelten Stoffkreisläufe durch die Atmosphäre, die geologischen Ablagerungen und die biologischen Massen, die das gesamte Ökosystem aufrechterhalten, nennt man biochemische Zyklen.

Die Darstellung auf Seite 25 zeigt in vereinfachter Form die wichtigsten Phasen des Kreislaufs der Elemente (Kohlenstoff, Stickstoff, Schwefel und Phosphor) im Ökosystem. Es zeigt den Umlauf dieser Elemente zwischen den wichtigen Reservoirs. Dieses Schema gilt für jedes der genannten Elemente, obwohl einige Zyklen in erster Linie in der Atmosphäre ablaufen, andere wieder vornehmlich in den Sedimenten, wie zum Beispiel beim Phosphor. Die auf Seite 24 bereits beschriebene organische Phase ist rechts in der Abbildung Seite 27 dargestellt.

## Das ökologische Gleichgewicht

Die Funktion des Ökosystems beschränkt sich jedoch nicht nur auf den irreversiblen Energiefluß solaren Ursprungs und auf die Phasen der Produktion, der Ablagerungen, des Verbrauchs und der Regeneration der Abbaustoffe des Lebens. Von größter Bedeutung ist auch die Regulierung des gesamten Systems, die erst seine Funktion sicherstellt.

Die biochemischen Zyklen regeln sich selbst: Jede starke Veränderung in eine Richtung wird sogleich durch die Änderung einer anderen Variablen kompensiert, so daß das System global im Gleichgewicht bleibt. Jedes Ereignis hat eine Gegenwirkung zur Folge. Jede Änderung und jeder Eingriff in das Ökosystem, so minimal diese auch sein mögen, können einen Regulationsmechanismus in Gang setzen. Die Gesamtwirkung dieser Mechanismen hält das Gesamtsystem in einem »dynamischen Gleichgewicht«.

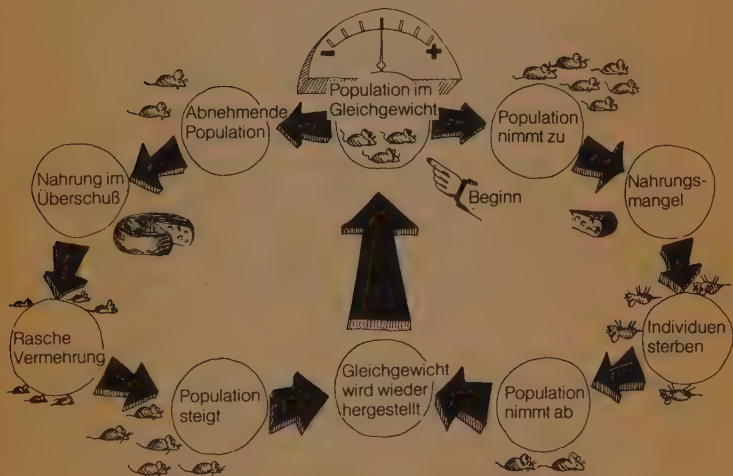
Wie läuft diese Regulierung ab?

Die mineralischen oder organischen Elemente wirken bei ihrem Übergang von einer Zyklusgruppe in eine andere *anregend* oder *hemmend* auf die Funktion des Produktions- oder Verbrauchsmechanismus. Wenn zum Beispiel ein Kreislaufvorgang sich verlangsamt (wenn etwa die Zahl bestimmter Konsumenten abnimmt), so nehmen die gespeicherten Stoffmengen rapide zu. Proportional zu den gespeicherten Mengen ist aber die Geschwindigkeit des Material- oder des Energieflusses innerhalb der Zyklen. Deshalb gleicht sich das Gesamtsystem durch raschen Abbau des Überflusses selbst wieder aus.

Wasserkreislauf und Lebensfähigkeit von Tieren haben große Bedeutung innerhalb dieses Regulationsmechanismus. Das Wasser ist das Transportmittel für die Nährstoffmineralien zu den Pflanzenwurzeln. Gewässer erodieren Sedimente und beschleunigen deren Wiedereinführung in die



ökologischen Kreisläufe. Verdampfung sowie die Transpiration von Pflanzen und Tieren sind von außerordentlicher Bedeutung für die Wärmeregulation der Organismen und die Aufrechterhaltung des Feuchtigkeitsgehalts der Atmosphäre. Da der Nahrungsbedarf der Tiere niemals vollständig gedeckt ist, wirkt ihr Hunger, der sie auf ständige Nahrungssuche treibt, als Regulativ dafür, daß sie ständig eine maximale Menge von Substanzen mit ihren Exkrementen wieder der Mineralisierung und damit der Pflanzenwelt zuführen. Die Konsumenten »arbeiten« auf diese Weise gewissermaßen für die Produzenten – und umgekehrt. Wenn die Population einer Art von Konsumenten zu rasch ansteigt und damit das Gleichgewicht gestört wird, so wird auch die Nahrung knapp, mehr Individuen fallen dem Hunger oder Folgeerkrankungen zum Opfer, wodurch sich dann eine für die betreffende Umwelt angemessene Populationszahl wieder automatisch einstellt. Dieser Regulationsmechanismus, der in der unten stehenden Schemazeichnung dargestellt ist, gilt gleichermaßen auch für die Wirtschaft und für die Biologie.



## Das »Gedächtnis« des Ökosystems: Die großen Reservoirs

Bestimmte Reaktionen zur Wiederherstellung des Gleichgewichts verlaufen sehr langsam, andere wieder außerordentlich rasch. Mit Hilfe radioaktiver Elemente läßt sich feststellen, mit welcher Geschwindigkeit ein mineralisches Element, wie etwa der Phosphor, den organischen Zyklus durchläuft, das heißt von Organismus zu Organismus übergeht, von einer

chemischen Struktur in eine andere wechselt – vom Beginn der Nahrungskette bis zur Rückkehr in den mineralischen Zustand. Die Gesamtzeit eines *turnover*, also des Recyclings, ist in Seen abhängig von den Jahreszeiten und beträgt durchschnittlich im Sommer nur etwa sechs Minuten, im Winter mehr als sechs Stunden. Im Gegensatz dazu beläuft sich die Zeit der Speicherung des Phosphors im Sediment bis zu seiner Wiederfreisetzung auf Zeitspannen bis zu 200 Jahren.

Die großen Stoffreservoirs der Atmosphäre, der Hydrosphäre und der Sedimente wirken regulierend auf das gesamte Ökosystem und verhindern zu rasche Veränderungen. Sie haben einen Puffereffekt und dämpfen Schwankungen, die durch typische Veränderungen eintreten. Das gilt gleichermaßen für die bedeutenden Konzentrationen der Ozeane an Karbonat-Ionen, durch die wiederum der Kohlendioxidgehalt der Atmosphäre nahezu konstant gehalten wird. Die Wechselwirkung zwischen der Atmosphäre und den Sedimenten regelt den Sauerstoffgehalt der Atmosphäre. Diese besteht seit Hunderten von Jahrtausenden mit erstaunlicher Konstanz aus 21 Prozent Sauerstoff, 78 Prozent Stickstoff, 0,03 Prozent Kohlendioxid und einigen seltenen Gasen. Daraus folgt, daß durch die Photosynthese im Durchschnitt immer genauso viele Sauerstoffmoleküle freigesetzt wie durch Atmungsvorgänge verbraucht werden.

Von Bedeutung ist die Frage, wie es zu dieser Sauerstoffkonzentration in der Atmosphäre kommen konnte. Die Antwort lautet, daß jeweils ein Teil der durch Photosynthese entstehenden organischen Materie als Reserve unter Sauerstoffabschluß in den tiefen Sedimenten eingelagert wird. Da der bei der Entstehung dieser pflanzlichen organischen Materialien erstmals frei gewordene Sauerstoff infolge des Luftabschlusses nicht mehr zur Oxidation dienen kann, ergibt sich ein ständiger Sauerstoffüberschuß. Die Einlagerung organischen Materials erweist sich hiermit als ein besonders wirksames Verfahren zur Regelung der Sauerstoffkonzentration in der Atmosphäre.

Regulationsvorgänge können sich auf sehr lange Zeiträume erstrecken. Die Meeressedimente können infolge der Kontinentalverschiebungen tief in das Magma der Erde absinken und sich dann durch die Erwärmung in tiefen Schichten des Erdmantels in Gesteine oder vulkanische Gase umwandeln. Tatsächlich werden die Tiefseeegräben, in denen sich die Sedimente ansammeln, allmählich durch das Gewicht der auflastenden Sedimentmassen eingetieft. Diese Tiefseeegräben können wieder zur Gebirgsbildung führen, da der Materialdruck eine Hebung der Gesteinsmassen herbeiführen kann. Durch Winderosion und Niederschläge werden dann die mineralischen Stoffe, die scheinbar dem Ökosystem verlorengegangen sind, nach einem Zeitraum von vielen Millionen Jahren wieder freigegeben.

# Wirtschaft

## Jenseits der Makroökonomie

In dem bis jetzt beschriebenen idealen Ökosystem fehlt noch der Mensch. Dieser Erdbewohner besonderer Art hat durch seine Landwirtschaft, seine Industrie und seine Wirtschaft allmählich die Gleichgewichtszustände, die lange vor seinem ersten Auftreten existierten, verändert. Wie ein Parasit hat der Organismus »menschliche Gesellschaft« zu seinem Nutzen Energie und Ressourcen dem Mutterorganismus Ökosystem entzogen – und wird ihn vielleicht umbringen.

Eine Reihe von Fähigkeiten hat es dem Menschen möglich gemacht, in immer zunehmenderem Maß Güter zu erzeugen und zu verteilen. Diese Fähigkeiten und die daraus entwickelten Mittel bilden das, was wir heute die Wirtschaft nennen.

Um makroskopisch die Funktion der Wirtschaft im gesamten zu überblicken, müssen wir den Standpunkt eines »Naturalisten« einnehmen und uns auf ein höheres Niveau begeben als das, welches üblicherweise in der Makroökonomie eingenommen wird. Denn auch die Wirtschaft stützt sich letzten Endes auf die großen ökologischen Zyklen, die über lange Zeiten entweder nicht erkannt oder einfach ignoriert wurden. Wenn sich der Gang des Wirtschaftsapparats beschleunigt, bleibt es nicht aus, daß auch zusätzliche Energie und Materialien verbraucht werden und mehr Informationen erforderlich sind; daraus resultiert wiederum, daß mehr Abfall entsteht, mit dem die Biosphäre belastet wird.

Eine solche Betrachtungsweise könnte zu einer sehr naiven Interpretation der wirtschaftlichen Mechanismen führen, wenn man sich nicht ständig vor Augen hielte, daß hinter den Entwicklungserscheinungen und den Kreisläufen *Entscheidungszentren* existieren.

## Die »Richtlinien der Haushaltsführung«

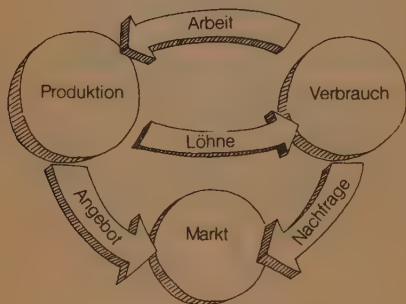
Das Wort Ökonomie stammt aus denselben Sprachwurzeln wie die Bezeichnung Ökologie. Ökonomie (aus dem Griechischen *oikos*, »Haus«, und *nomos*, »Regel«, »Richtlinie« oder »Vorschrift«) beinhaltet die »Richtlinien der Haushaltsführung«. Im weiteren Sinn bedeutet diese Bezeichnung die Fähigkeit zum angemessenen Umgang mit Gütern, im engeren Sinn die Güterverwaltung unter Vermeidung von Verlusten.

Vom engen Bezirk des Hauses wurde die Bedeutung dieser »Haushaltsführung« auf den Staat (als Wirtschaftspolitik) und auf die gesamte Gesellschaft übertragen. Die wirtschaftliche Tätigkeit in der menschlichen Gesellschaft erhält so im weiteren Sinn die Bedeutung der Güterproduktion zur Befriedigung menschlicher Bedürfnisse. Güterknappheit und der

Aufwand zur Güterproduktion sind begrenzende Faktoren, die die Menschheit ständig zu überwinden bestrebt ist. Durch diesen Gedankengang wird die bekannte Definition von L. Robbins verständlich: »Die Wirtschaft ist die Lehre vom menschlichen Verhalten als Wechselwirkung zwischen Zielen und beschränkten Mitteln, die jeweils zu einem bestimmten Gebrauch vorgesehen sind.«

Tatsächlich handelt es sich hierbei um eine recht magere Definition, die bei der wirtschaftlichen Tätigkeit dem Menschen als Produzenten und Konsumenten nur die Motivation zur Befriedigung der Bedürfnisse zuerkennt. Die Wirtschaft wird auf diese Weise nach den Worten von François Perroux zu einer »Wissenschaft der Mittel«, wobei die Ziele moralischer oder politischer Natur sind. Man beläßt der Wirtschaft nur die Funktion des Marktes, auf dem reiner und perfekter Wettbewerb herrscht. Der *homo economicus* erscheint als Wesen ohne Seele, getrieben von rudimentären Motiven und gerade fähig, sich den »Marktkräften« in passiver Form anzupassen (René Passet).

Dieses verarmte Verständnis der wirtschaftlichen Funktion ergibt sich, wenn man der klassischen Vorstellung von wirtschaftlichen Kreisläufen verhaftet bleibt.

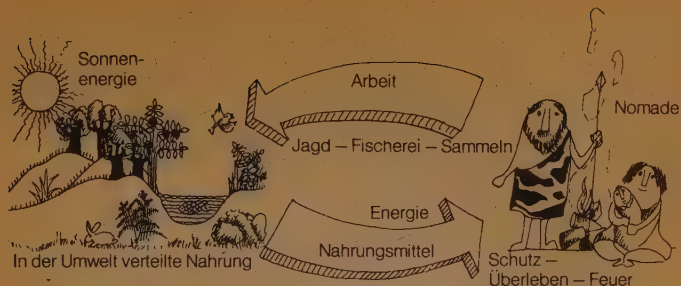


Wirtschaft ist aber auch eine »Wissenschaft vom Lebendigen«. Daß tatsächlich zwischen dem Ökosystem und dem Wirtschaftssystem eine enge Beziehung besteht, möchte ich Ihnen in einem kurzen geschichtlichen Abriß der Wirtschaft nahebringen.

### Vom Nomaden zum Unternehmer: Kurze Wirtschaftsgeschichte

Die großen wirtschaftlichen Entwicklungsstufen in der Geschichte der Menschheit fielen immer mit der Nutzung jeweils neuartiger Mittel zusammen, die es dem Menschen ermöglichten, nachhaltiger auf seine

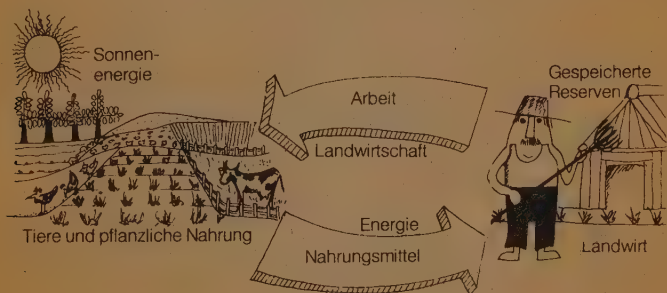




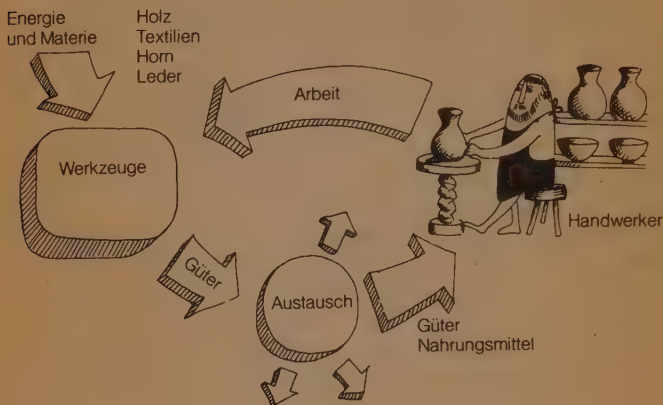
Umgebung einzuwirken. Das Feuer, die Landwirtschaft, die Entwicklung des Handwerks und die Verbesserung der Werkzeuge, das Aufkommen der Dampfmaschine und der Masseneinsatz fossiler Brennstoffe sind bedeutende Entwicklungsstufen, auf denen der Mensch die Herrschaft über die Natur immer mehr festigte.

*Den ersten Entwicklungsschritt* bedingte die Beherrschung des Feuers. Der Mensch lebte damals als Nomade und zog ständig auf der Suche nach Nahrung und Unterkunft umher. Seine wichtigste Tätigkeit galt der Erhaltung des nackten Daseins. Er war fast ausschließlich damit beschäftigt, die Nahrung aus seiner Umwelt zusammenzutragen – durch Jagen, Fischen und Sammeln. Ein derartiges Dasein erforderte großen Kräfteverbrauch: das ständige Umherziehen, die Kämpfe mit Nachbarn und die primitive Lebensführung. Dem Jäger-Nomaden war es deshalb nicht möglich, Energie (in Form von Nahrung) aufzuspeichern und Kenntnisse zu sammeln – sich also ein Kapital an Energie und Wissen anzueignen, das es erlaubt hätte, die Entwicklung zu beschleunigen.

*Zur zweiten Entwicklungsstufe* kam es durch Nutzung der Sonnenenergie, als der Mensch die Landwirtschaft entwickelte. Darüber hinaus machte er sich die Haustierhaltung zu eigen – und hatte damit zwei bedeutende Energieressourcen gewonnen. Auf dieser Entwicklungsstufe vor etwa 10 000 Jahren wurde der Mensch in klimatisch geschützten und fruchtba-



ren Zonen sesshaft. Er konnte nunmehr auch Getreide lagern und genügend Energie speichern, die sich für weitere Tätigkeitsformen nutzen ließ. Auf dieser Stufe begann der Mensch, mit Hilfe der Sonnenenergie, seine Nahrung, die das Überleben sicherte, selbst zu produzieren und die Muskelkraft seiner Haustiere für den Betrieb seiner einfachen Maschinen und zur Fortbewegung zu nutzen.

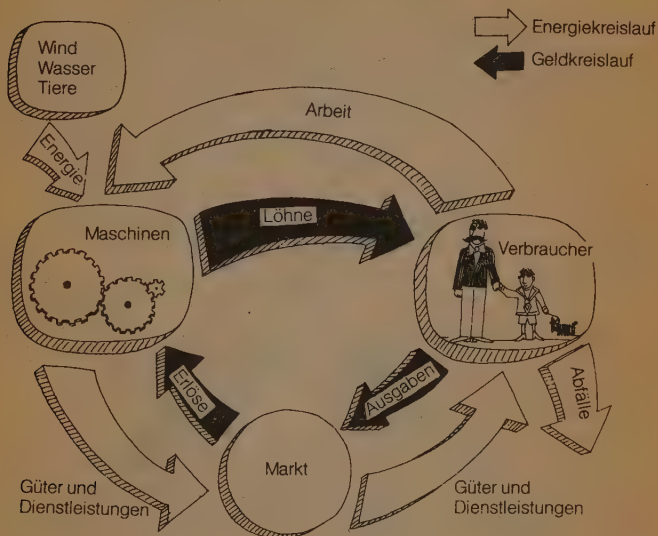


Die dritte Entwicklungsstufe bedingte wesentlich verbesserte Werkzeuge, die menschliche Haupttätigkeit konzentrierte sich in Städten; Zünfte und Werkstätten entwickelten sich, die eine umfassende Weiterentwicklung des Handwerks ermöglichten. Menge und Vielfalt der handwerklichen Erzeugnisse erreichten einen Umfang, der den Handel damit möglich machte. Die Handelsformen wiederum ließen ein Gleichgewicht zwischen hergestellten und verbrauchten Waren zu. Dieser Ausgleich wurde mit Hilfe eines bestimmten »Handelsraumes« realisiert, dem Markt.

Seitdem sichert der Mensch nicht nur seine Existenz, sondern nimmt auch als Hersteller und Verbraucher von Gütern an der Entwicklung eines Güteraustauschs und eines Verbraucherverhaltens teil, wobei er zahlreiche, in seiner Natur bislang schlummernde Fähigkeiten entfaltet: Fertigkeiten im Werkzeuggebrauch, Schulung und Wissensvermittlung – Freude an der schöpferischen Tätigkeit. Eine weitere Bereicherung erfährt er durch die Ansammlung materieller Güter.

Der vorindustrielle Zeitabschnitt kennzeichnet die vierte Entwicklungsstufe. Die verbesserten Handwerkszeuge, die die Herstellung einfacher, aber präzise funktionierender Objekte gestatteten, weichen Maschinen, die durch Naturkräfte, tierische und menschliche Muskelkräfte angetrieben

werden und zu einer Beschleunigung der Güterproduktion führen. Steigende Bevölkerungsdichte und vermehrte Handelsmöglichkeiten im städtischen Ballungsgebiet ermöglichen die Arbeitsteilung und erweiterte Produktionsprozesse. Auf diese Weise verketteten sich die Aktivitäten der verschiedenen Produzenten in wirtschaftlichen Abläufen.

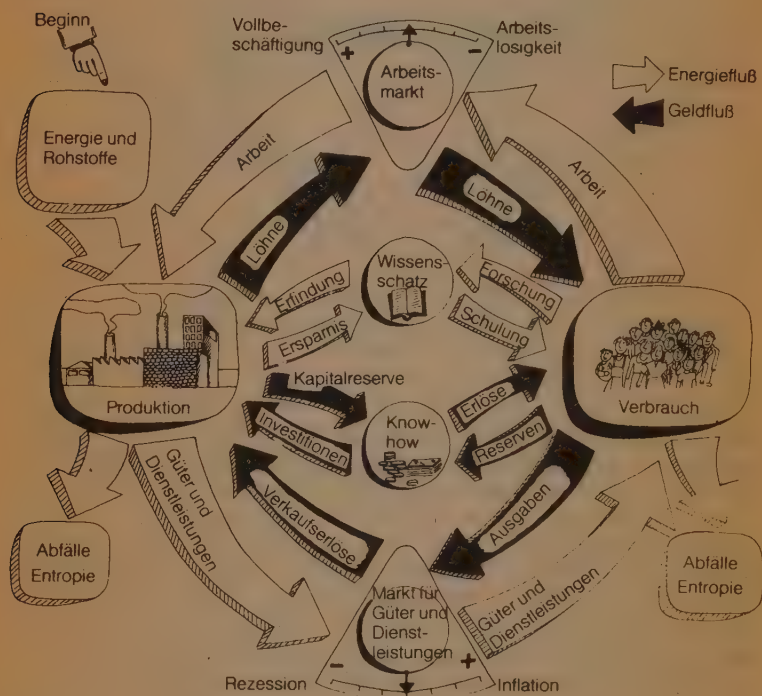


Der umfangreiche Gebrauch des Geldes und neue Handelsformen, die sich daraus ergeben, fördern die wirtschaftlichen Vorgänge, denn das Geld macht den Arbeitswert, den Handel, den Güterverbrauch und die Kapitalansammlung von Raum und Zeit unabhängig. Jede geleistete Arbeitsstunde kann jetzt an einem beliebigen Platz und zu einem beliebigen Zeitpunkt durch neu erworbenes oder aufgespartes Geld gegen Ware getauscht werden. Dadurch wird der in eine Richtung zielende Fluß der Energie, der Materie und der Informationen durch das Wirtschaftssystem ebenso beschleunigt wie der in Gegenrichtung verlaufende Geldfluß.

Die fünfte und bislang letzte Entwicklungsstufe ist die der modernen Industriegesellschaft. Sie kennzeichnet die Massennutzung fossiler Brennstoffe (Kohle, Erdöl und Gas) und die Aufteilung der Arbeit in eine große Zahl einfacher Handgriffe und Aufgaben, die im allgemeinen nicht schöpferischer Art sind. Jetzt fallen auch Riesenmengen an Abfällen an, die das Ökosystem nicht mehr verarbeiten kann. – Die für den gesteiger-

ten Wirkungsgrad unbedingt erforderliche Arbeitsteilung zwingt zur Konzentration der Arbeitenden in Produktionszentren, die wir Unternehmen nennen.

Der durch das Wachstum hervorgerufene, beschleunigte Wirtschaftsaufbau hat eine Zunahme der Produktion und des Verbrauchs zur Folge. Die Kapitalanhäufung in Form von Gütern und Geldmitteln sowie die Zunahme des Kapitals an Wissen und Technologien haben wiederum eine katalytische Wirkung auf das Wachstum. Die Komplexität der Produktionsvorgänge aber erfordert neuartige Formen ständig zunehmender Vermittlung von Wissen und auch von Allgemeinbildung bei dem Personenkreis, der das industrielle Getriebe verbessert, kontrolliert und bedient.



Die Funktion des modernen Wirtschaftsgetriebes läßt sich insgesamt besser verstehen, wenn man es analog zum Schema des Ökosystems skizziert: Darstellung der Kreisläufe und der wichtigen Durchflüsse der



Energie und des Geldes sowie der Bedeutung der verschiedenartigen Wirtschaftsfaktoren, die die Funktion der Produktion und des Verbrauchs sichern und wirtschaftliche Funktionsstörungen verursachen, aber auch zu deren Ausgleich beitragen.

### Was treibt das Wirtschaftsgetriebe?

In den klassischen Modellen wird die Wirtschaft als ein *geschlossenes System* beschrieben, während sie tatsächlich ein gegenüber der Umwelt *offenes System* darstellt, das den allgemeinen Energiegesetzen gehorcht. Arbeitsleistung ist nur durch Energiefluß möglich, und das bedeutet, daß Energie unwiederbringlich in Wärme umgesetzt wird.

In der linken Schemazeichnung ist der Energiefluß eingetragen. Die Energie fließt irreversibel durch das Wirtschaftssystem. Oben links bei der Produktion tritt sie in den Kreislauf ein, fließt dann in Form von Gütern, Dienstleistungen und Arbeit durch den unteren Teil der Schemazeichnung entgegen dem Uhrzeigersinn und verläßt das System wieder in Form von verteilter Wärme und nicht wieder aufbereiteter Abfälle. Physikalisch nennt man diese Degradierung von Energie und Materie Entropie. Nun könnte gefragt werden, inwiefern materielle Güter und Dienstleistungen einen Energiefluß bilden. Eine einfache Überlegung läßt erkennen, daß materielle Güter, Produkte jeder Art immer das Ergebnis von Umwandlungen durch Energieeinwirkung auf Grundstoffe oder Rohstoffe und von Informationen im weitesten Sinn sind. Man kann sie deshalb als »durch Information geprägte Materie« bezeichnen, das heißt als Stoffmenge, der man eine bestimmte Form gegeben hat und der man durch menschliche Tätigkeit eine Art von »Information« vermittelte.

Damit ist der Stoff, aus dem Produkte bestehen, »kondensierte Energie«; die Informationen stellen eine Form potentieller Energie dar. Die Güter (einschließlich der Lebensmittel) und die Dienstleistungen, die sich im wirtschaftlichen Kreislaufsystem bewegen, sind dementsprechend Äquivalente eines Energieflusses. Jedem Produkt ist, wie auf der Tabelle Seite 131 dargestellt, eine bestimmte Energiemenge beigegeben, beispielsweise eine Kilokalorie. Der Energieaufwand in Form von Arbeit läßt sich tatsächlich leicht in Kilokalorien pro Arbeitsstunde ausdrücken, also in Energie pro Zeiteinheit (und das ist in Leistung).

In der Schemazeichnung stellen die weißen Pfeile den Energiefluß dar, der das Wirtschaftsgetriebe in Gang hält. Ein Teil der Energie läuft zwar im Kreis, ständig tritt aber neue Energie in den Kreislauf ein und verläßt ihn wieder irreversibel; und dieser zutretende und den Kreislauf wieder verlassende Energieanteil durchquert den Zyklus.

Mit dem Energiekreislauf gekoppelt ist der Geldkreislauf. Er ist dem Energiefluß entgegengerichtet, denn Geldeinheiten werden gegen Ar-

beitsleistungen im Austausch gegen Informationen und Kalorien gegeben. Man bezieht Energiemengen und Dienstleistungen und gibt dafür Geld her. Der Energiefluß und der Geldfluß gleichen sich gegenseitig aus und regulieren sich mittels sogenannter Detektoren, Einrichtungen, die es ermöglichen, die Geschwindigkeit des Wirtschaftsablaufs festzustellen und in der einen oder anderen Richtung ausgleichend zu wirken, wie zum Beispiel Banken und sonstige Institutionen, die große Transaktionen durchzuführen vermögen. Ein System der Preise und allgemein anerkannter Werte, das auf Vergleich und Transaktionen beruht, ermöglicht diesen Ausgleich. Der Wert der Güter und der Dienstleistungen wird bestimmt durch die Menge der greifbaren Güter und durch den Bedarf an Gütern, mit anderen Worten, durch Angebot und Nachfrage. Im Preis drückt sich daher der Tauschwert eines Gutes aus. Er ist damit ein sehr praktischer Wertmaßstab und eine zwar theoretische, aber außerordentlich wichtige Information für den Ablauf und die Regulierung des wirtschaftlichen Geschehens.

Der Geldfluß ermöglicht die Aufteilung der Handelsvorgänge in zwei verschiedene Etappen: Zunächst kann jeder das, was er besitzt, gegen Geld als Gegenwert verkaufen, zum Beispiel seine Arbeitszeit; in der zweiten Etappe kann er dann mit diesem Geld die Güter oder Dienstleistungen erwerben, deren er bedarf. Das Geld hat damit die Wirkung eines Schmiermittels im wirtschaftlichen Getriebe.

Die Geschwindigkeit des Geldumlaufs, die Intensität des Geldflusses hängt ab von den Kräften, die von den Hauptgruppen der Teilnehmer am wirtschaftlichen Geschehen freigesetzt werden.

## **Die Entscheidungszentren**

Die beiden wirtschaftlichen Hauptgruppen bilden die Produzenten und die Konsumenten, die man in Wirtschaftslehrbüchern auch als Unternehmen und Haushalte bezeichnet. Nur diese beiden Gruppen sind der Vereinfachung wegen auf dem Schema der vorherigen Seite berücksichtigt. Es gibt jedoch noch die Gruppe der Geldinstitute (Banken), der Verwaltungen (zum Beispiel der Länder und des Bundes) und externen Kräfte (wie zum Beispiel des Auslands). Obwohl sie nicht explizit in dem Schema dargestellt sind, sei hier dennoch auf ihre Bedeutung hingewiesen. Diese verschiedenen wirtschaftlichen Gruppen wirken wie Entscheidungszentren; sie wählen zwischen verschiedenen Möglichkeiten und verfügen über Mittel, die sich als Kontrollkräfte zur Kanalisation und Lenkung des Energie- und des Geldflusses auswirken.

*Produzenten und Konsumenten:* Jeder Mensch ist gleichzeitig Produzent (zum Beispiel durch seine Arbeitsleistung) und Konsument (indem er kauft). Im Ökosystem jedoch wurden seit jeher diese beiden Funktionen

der Produktion und des Verbrauchs von Organismen sehr unterschiedlicher Gruppen ausgeübt, einerseits von den grünen Pflanzen und andererseits von den Tieren.

Der Mensch jedoch ist keineswegs nur ein einfacher Produzent oder Konsument.

Mit seiner Arbeitsleistung ist er Produzent von Gütern und Dienstleistungen: Als Gegenleistung dafür erhält er einen Lohn, der es ihm ermöglicht, als Konsument zu wirken, also nach der klassischen Wirtschaftstheorie Güter und Dienstleistungen zur Befriedigung seiner Bedürfnisse zu erwerben. Schließlich besitzt er die Fähigkeit, durch Sparen Geld anzusammeln und Kapital zu bilden.

Darüber hinaus hat der Mensch auch schöpferische Fähigkeiten: Er erfindet, schafft neue Informationen, neues Wissen, fertigt Kunstwerke, entwickelt neue Lebensformen und führt bestimmte Geistesströmungen herbei. Er kann dadurch Kenntnisse und Ideen speichern und ein Wissenskapital bilden.

Die Unternehmen sichern die Güterproduktion und die Dienstleistungen. Die sich ergänzenden Funktionen der Produktion und des Verbrauchs sind in der Schemazeichnung Seite 34 dargestellt. Die Pfeile zeigen an, daß in den Block »Produktion« Energie und Rohmaterialien beziehungsweise Halbprodukte, Arbeitsleistung, Kapital, »Know-how« sowie Erträge aus dem Güterverkauf einlaufen. Aus dem Block laufen Ströme von Gütern und Dienstleistungen, von Löhnen, Innovationen, von den Banken transferierte oder sonstige aufgestockte Reserven sowie materielle Abfälle und nicht wiedergewinnbare Wärme aus.

In den Block »Verbrauch« laufen Güter und Dienstleistungen, Löhne, Zinsen und Wissensvermittlung ein. Diesen Block verlassen Ströme von Arbeitsleistungen und Ausgaben, von ersparten Geldsummen, neuen Informationen, wie Erfindungen, und wiederum Abfälle. Produzenten wie Konsumenten stehen zwei Speichermöglichkeiten zur Verfügung: zum Aufspeichern von Geldwerten, die aus der Arbeitsleistung stammen, einerseits (das ist die Kapitalbildung) und zum Ansammeln von Kenntnissen als Wissenskapital andererseits.

Der Energie- und der Geldfluß werden teils über den Arbeitsmarkt und teils über den Markt der Güter und Dienstleistungen gesteuert.

Die drei weiteren wirtschaftlichen Gruppen, die in der Zeichnung nicht dargestellt sind, haben dennoch große Bedeutung, denn sie wirken mitregulierend und können über äußere Ereignisse Störungen in das Wirtschaftssystem übertragen.

Die *Geldinstitute*, in erster Linie also die Banken, haben dämpfende Wirkung entsprechend dem Umfang der »Reservoirs«, die sie selbst darstellen. Durch Kredite an Unternehmen und Einzelpersonen (Kredite sind nichts anderes als Tauschgeschäfte über längere Zeiträume), durch Investitionen, über Sparguthaben und durch Geldemissionen beeinflussen

die Banken die wirtschaftliche Tätigkeit über die Geschwindigkeit des Geldumlaufs und die Wirkung des angesammelten Kapitals. Die ständige Anpassung der umlaufenden Geldmenge sichert (theoretisch) das Gleichgewicht zwischen Angebot und Nachfrage auf dem Markt, der Güter und Dienstleistungen.

Die *Verwaltung* ist von den in der Öffentlichkeit wirksamen Kräften abhängig und steht damit in Demokratien unter Staatskontrolle. Sie hat ebenfalls für die Regulierung des wirtschaftlichen Geschehens große Bedeutung für Budget und Planung, direkte Staatsaufkäufe, Besteuerung und Subventionen. Sie setzt Prioritäten auf bestimmten Wirtschaftsgebieten; sie wirkt durch die Handhabung des Kartellrechtes, durch Preisbindungen und Preisstops, durch Kreditrestriktionen, durch Exportförderung und durch Geldentwertung, um nur einige Beispiele zu nennen.

*Externe Kräfte* sind alle diejenigen Faktoren, die von außerhalb der Grenzen des betrachteten Wirtschaftssystems eines bestimmten Staates Wirkungen auslösen – also vom Ausland aus. Der Staat verkauft (exportiert) und kauft (importiert) Güter und Dienstleistungen über seine Grenzen. Das Ergebnis des Exports abzüglich dem des Imports bildet die Handelsbilanz. Auf die Handelsbilanz wird noch ausführlicher an anderer Stelle eingegangen. Aber die äußeren Faktoren bewirken auch meist schwer vorhersehbare Störungen, die stets die Gesamtwirtschaft eines Landes beeinflussen, wie zum Beispiel politische Krisen, Wechselkursänderungen und Steigerungen der Energie- oder der Rohstoffpreise.

## Probleme der Wirtschaftslenkung

Wechselnde Erscheinungen des Wirtschaftslebens und deren Lenkung lassen sich mittels eines Faktors verständlich machen, der den Geld- und Energiefluß beschleunigt oder verlangsamt und sich in den bekannten Symptomen der Inflation und der Rezession zeigt.

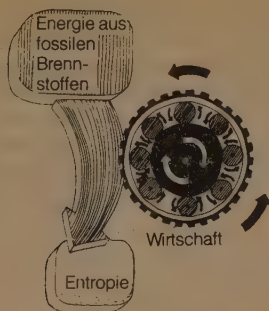
Ich führe hier drei einfache und allgemein genutzte *Indikatoren* zur Feststellung der Wirkung von Lenkungsmaßnahmen durch die Öffentlichkeit und der Geldinstitute auf den Wirtschaftsapparat an, die zum Tragen kommen, wenn das wirtschaftliche Geschehen sich beschleunigt oder ins Stocken gerät. Es handelt sich um den *Preis*, die *Beschäftigung* und die *Handelsbilanz*.

Die Kopplung zwischen Energie- und Geldfluß verhält sich analog zur mechanischen Kopplung, die zwischen dem inneren und dem äußeren Rollenring eines Kugellagers besteht. Diese beiden Ringe des Lagers können sich gegensinnig drehen.

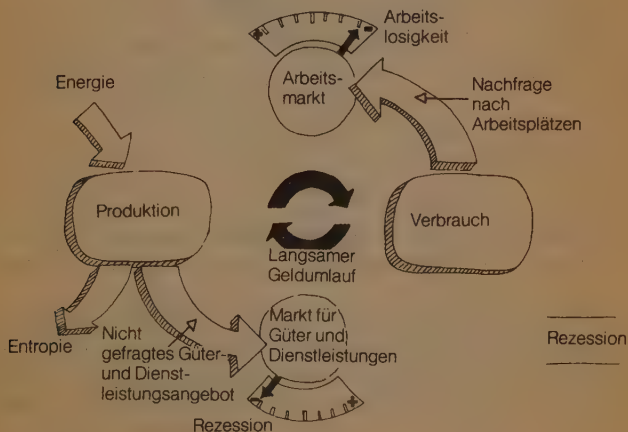
Der äußere Ring, übertragen auf das Wirtschaftsgetriebe, wird durch den Energiefluß im Wirtschaftsgefüge in Bewegung gesetzt. Er dreht mit Hilfe der Lagerkugeln den inneren Laufring des Lagers in Gegenrichtung. Die



Drehung dieses inneren Rings kann gebremst oder beschleunigt werden und erschwert oder erleichtert dementsprechend auch die Bewegung des äußeren Laufrings. Dieses sehr vereinfachte Modell ist vortrefflich geeignet, verschiedene Aspekte der Rezession und der Inflation transparent werden zu lassen.



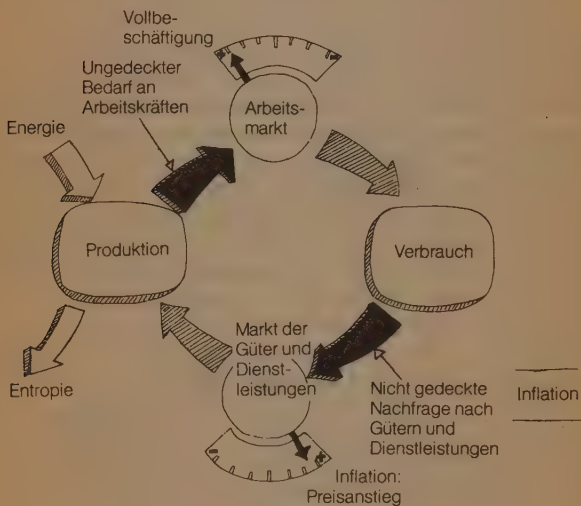
Merkmal der *Rezession* ist eine Verlangsamung des Geldumlaufs in Relation zum Energiefluß. (In der Kugellageranalogie wird der innere Laufring abgebremst, wodurch der Umlauf des äußeren Laufrings verlangsamt wird.) Wenn die umlaufende Geldmenge abnimmt, werden alle Handelsgeschäfte schwieriger. Die Reibung nimmt zu, die »Viskosität« des Marktes wird größer. Dadurch entstehen Übersättigungserscheinungen in einzelnen Bereichen, die Stauungen im Energiefluß wirken sich auf die Beschäftigung (der Bedarf an Arbeitsplätzen wird höher als das



Angebot) und auf den Markt der Güter und Dienstleistungen aus (hier wird das Angebot höher als die Nachfrage).

Im Verhältnis zum Güterangebot wird die Geldmenge immer geringer. Dies führt zu Preisverfall, Produktionsrückgang und zunehmender Arbeitslosigkeit. Während solch einer »Baisse« halten die Konsumenten ihr Geld lieber zusammen, anstatt es auszugeben, und dies verringert die Nachfrage weiter und bremst den Geldfluß. Dieser teuflische Kreislauf, in dem sich jeder gefangen sieht, kann in einer nach unten führenden Spirale bis zur wirtschaftlichen Stagnation führen, verbunden mit den härtesten Folgen für die Gemeinschaft und das Individuum.

Merkmal der *Inflation* dagegen ist zunehmende Geschwindigkeit des Geldumlaufs im Verhältnis zum Energiefluß; die zunehmend flüssigen Mittel erleichtern den Handel. (In der Kugellageranalogie beschleunigt die Eigenbewegung des inneren Laufrings die Drehung des äußeren.)



Gleiche Wirkung hat auch eine Verlangsamung des Energieflusses. Dies tritt ein, wenn es zu Energiemangel kommt oder die Energiepreise steigen.

Die Geldmenge auf dem Markt nimmt zu und damit auch die Geschwindigkeit ihres Umlaufs. Das Geld »juckt den Leuten in den Fingern«; sein Wert fällt. Die Kaufkraft schwindet. Jeder will kaufen, bevor es zu Preissteigerungen kommt. Die Preise steigen, die Produktion nimmt zu, um mit der Nachfrage Schritt zu halten. Mit damit verbundenen steigen-

den Löhnen steigen auch die Produktionskosten und führen damit wiederum zu höheren Preisen und so weiter.

Wiederum befindet man sich in einem Teufelskreis. Die Inflationsspirale führt nicht zu einem Stillstand, sondern zu einem unkontrollierbaren Durchdrehen der wirtschaftlichen Maschinerie mit daraus entstehenden sozialen Spannungen und Ungleichheiten. Der Geldumlauf wird immer lebhafter und hat mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung eine Steigerung des Energieflusses zur Folge, es kommt zu Überhitzungen auf dem Arbeitsmarkt und dem Markt der Güter und Dienstleistungen. Die Nachfrage der Konsumenten übersteigt das Angebot der Produzenten und führt wieder weiter zu einer konstanten Preissteigerung.

Es liegt auf der Hand, daß beide Erscheinungen gefährlich sind, wenn auch eine leichte Inflation für Expansion und eine Vollbeschäftigung günstig erscheinen. Die wirtschaftliche Erfahrung lehrt, daß offensichtlich ein gegenläufiges Verhältnis zwischen Inflation und Arbeitslosigkeit besteht. Das bringt die Verantwortlichen für den Wirtschaftsablauf in eine schwierige Situation, denn im allgemeinen läßt sich Vollbeschäftigung nur in einer Inflationsperiode aufrechterhalten.

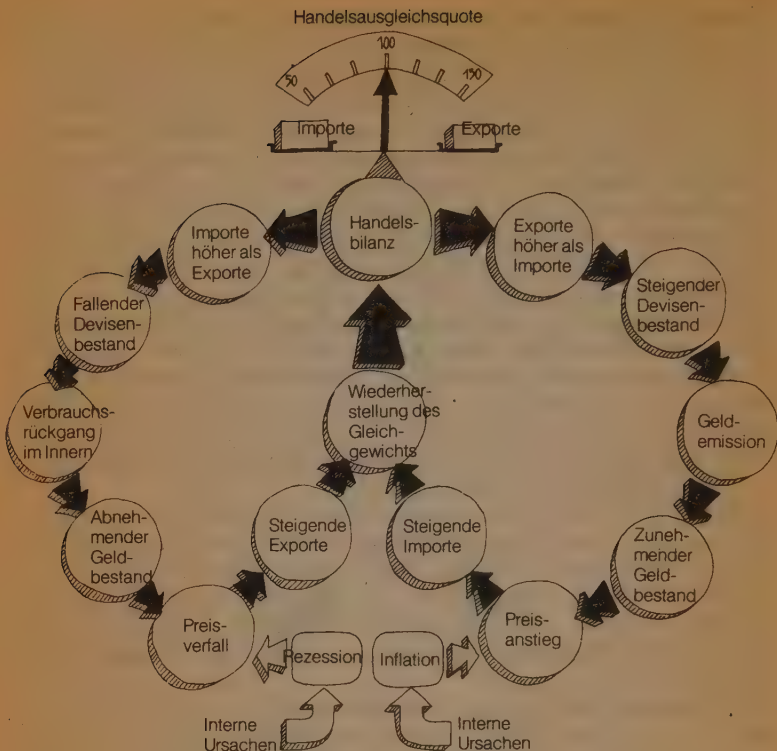
Auf dem Gebiet des Außenhandels können steigende Preise den Export erschweren und den Import steigern und damit zu einer unausgeglichene Handelsbilanz führen. Wenn in einem Land mit fallendem Geldwert das Kapital ins Ausland verlagert wird, dann führt diese Erscheinung zu einer weiteren Geldentwertung. Die nächste Schemazeichnung auf Seite 42 zeigt die Bedeutung des dritten Indikators, den Grad des Ausgleichs der Handelsbilanz.\*

Die Verantwortlichen für die Wirtschaftspolitik eines Landes sind immer bestrebt, den Wirtschaftsablauf im rechten Teil des Kreislaufs zu halten, so daß der Deckungsgrad höher als 100 ist. Das hat aber bestimmte Belastungen zur Folge: Ein gewisser Inflationsgrad wird aufrechterhalten und trotz relativ hoher Preise muß exportiert werden. Dieser Umstand hat weltweit zur Folge, daß alle Länder mehr exportieren als importieren wollen, was wiederum zu Spannungen führt.

In der Praxis sind die Abläufe natürlich unendlich vielgestaltiger als hier beschrieben; eine Wirtschaftssteuerung wird dadurch auch so außerordentlich schwierig. Dennoch ist es denkbar, daß die Bedingungen der freien Marktwirtschaft die gegenseitige Anpassung von Angebot und Nachfrage ermöglichen, sich also eine automatische Regulation einstellen

---

\* Man kann die Handelsbilanz stets mit dem Deckungsgrad angeben, den das Verhältnis von Exporten zu Importen, bezogen auf 100, darstellt. Wenn zum Beispiel die Exporte die Größe 1, die Importe die doppelte Größe 2 aufweisen, so beträgt das Verhältnis  $1:2 = 0,5 \times 100 = 50$ . Diese Zahl charakterisiert, wie schlecht es dann um die Wirtschaft eines Landes bestellt ist: In diesem Fall sind die Importe doppelt so hoch wie die Exporte.



könnte. Diese ideale Selbststeuerung könnte nach folgendem Schema ablaufen: Zunehmende Nachfrage hat steigende Preise zur Folge, weil die Güter knapper werden. Die Unternehmer investieren und beschäftigen zur Produktionssteigerung mehr Menschen. Wenn andererseits infolge der Produktionssteigerung das Güter- und Dienstleistungsangebot die Nachfrage übersteigt, haben die Preise fallende Tendenz, und diese Tendenz veranlaßt die Unternehmer wieder zur Produktionssenkung und so weiter. (Siehe Abbildung Seite 43.)

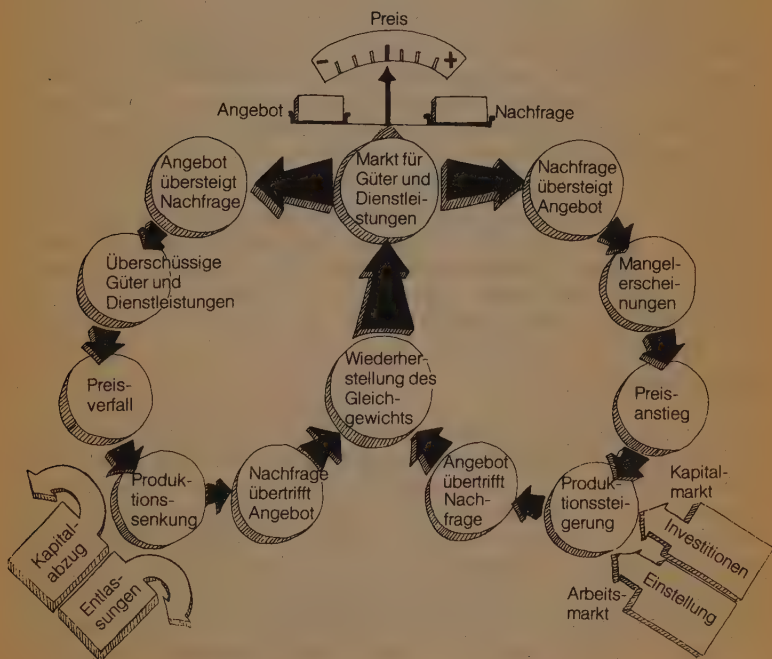
Leider ist diese automatische Regulation über Markt und Preis in Wirklichkeit nicht funktionsfähig. In einer freien Marktwirtschaft müßte der Verbraucher eine umfassende Machtfunktion ausüben und ein ständiges Wahlrecht wahrnehmen, indem er völlig frei über Kauf oder Nichtkauf eines Produktes, über Ablehnung oder Bevorzugung dieses oder jenes Wirtschaftszweiges entscheiden würde. Da aber vielfach öffentliche und private Investitionen vor der Nachfrage die Produktion bestimmen, die



Werbung eine beeinflussende Macht darstellt und die schwachen Verbraucherorganisationen gegenüber den Monopolen großer multinationaler Gesellschaften fast hilflos sind, stellt dieses Wahlrecht des Verbrauchers keinen wirksamen Regulierungsfaktor dar. Trotzdem können Stimmungsschwankungen bei den Verbrauchern, Angst und Kaufzurückhaltungen auf bestimmten Gebieten sehr störende Schwankungen im Wirtschaftssystem hervorrufen.

Staat und Banken wirken regulierend auf die Geldumlaufgeschwindigkeit und das Zinsniveau. Bei Inflations- oder Regressionserscheinungen kann auch der Staat über die Preise durch Preiskontrolle oder Preisstop, auf dem Gebiet des Außenhandels durch Zölle, Devisenüberwachung und Abwertung sowie bei den Investitionen durch die Realisierung großer Vorhaben (durch Steuern und Lohnpolitik) regulierend wirken.

Die Wirtschaftspolitiker haben jedoch außerordentliche Schwierigkeiten, zyklische Schwankungen, Stagnationserscheinungen und Störungen im Wirtschaftsleben zu vermeiden. Die Industrienationen haben seit dem Zweiten Weltkrieg eine Lösung dieses Problems mit der Politik des ständigen Wachstums gefunden: Man erhält absichtlich einen Inflations-



zustand aufrecht, um Vollbeschäftigung und Rentabilität an Investitionen zu sichern, um also im Endeffekt die Betriebe in Gang zu halten und den materiellen Lebensstandard des einzelnen zu steigern.

Aber auch für diese Lösung muß bezahlt werden, denn Beschleunigung des wirtschaftlichen Geschehens bedeutet gesteigerte Energieentnahme aus sich verringernden Vorräten und Belastung der Umwelt mit zunehmenden Abfallmengen und mit Abwärme. Hier zeigt sich der grundlegende Unterschied zwischen dem ökologischen Ablauf und dem Wirtschaftsablauf in seiner vollen Bedeutung. Grundlage der Ökologie ist der irreversible Fluß unbegrenzter Sonnenenergie und die unablässige Wiedernutzung der Materie. Grundlage der Wirtschaft dagegen ist der irreversible Fluß fossiler Energie aus begrenzten Vorräten und die irreversible Nutzung von Materie aus sich nicht wieder erneuernden Ressourcen.

## Stadt

Die wirtschaftlichen und ökologischen Abläufe prallen nun in einer ökologisch völlig neuartigen Struktur an einem Knotenpunkt des riesigen Handels- und Kommunikationsnetzes aufeinander, und dieser Knotenpunkt ist die Stadt. Im Jahr 2000 werden rund 80 Prozent der Menschen in städtischen Ballungszentren mit mehr als 100 000 Einwohnern leben und arbeiten; heute sind es schon nahezu 50 Prozent. Auch Städte entstehen, entwickeln sich und gehen wieder zugrunde. Die in den Städten konzentrierten Unternehmen stellen die Arbeitsplätze für Millionen zur Verfügung. Die Entwicklung der Unternehmen hat das Wachstum der Städte ermöglicht; die Städte wiederum haben die Unternehmen wesentlich geformt. Durch diese gegenseitigen Anpassungsvorgänge, durch die besonderen Arbeits- und Marktbedingungen, die sich allmählich entwickelt haben, haben Städte und Unternehmen zusammen einerseits neue Beschränkungen, andererseits aber auch neue Lebensformen und neue Zielvorstellungen wirksam werden lassen.

### Die Entwicklung der Städte

Menschliche Bedürfnisse, wie die nach Schutz, Nahrung, nach besserem Gesundheitszustand, nach Verbindung mit anderen Menschen, nach Handelsmöglichkeiten, aber auch nach Wertschätzung, Machtausübung und Bildungsmöglichkeiten, haben zur Entwicklung der Städte geführt. Die Stadt wirkt wie ein Katalysator beschleunigend auf die Entwicklung philosophischen und religiösen Denkens, der Wissenschaften und der Technik, der Künste und politischen Ideen.

Die ersten Städte sind vor etwa 5000 Jahren aus Dörfern in besonders fruchtbaren Zonen, in denen auch der Kommunikationsaustausch geför-

dert wurde, hervorgegangen. Solche Zonen waren Mesopotamien, das Niltal, ferner die Stromgebiete des Indus und des Gelben Flusses in China. Die Fruchtbarkeit dieser Landstriche ermöglichte sehr ertragreichen Ackerbau. Dadurch konnten Lebensmittel (und damit auch Energie) gespeichert werden, die die komplexen Strukturen der ersten Städte ermöglichten, wobei wiederum die Nutzung gespeicherter Energiemengen für die Produktion zur Beschleunigung der Entwicklung führte. Die Verkehrsmöglichkeiten auf den großen Strömen und in den Deltas förderten den Handel, führten zur Begegnung von Kulturen und zu technischen und sozialen Neuerungen.

Dennoch gab es vor dem Jahr 1850 etwa noch keine typische städtische Gesellschaft, wie wir sie heute kennen. Die allermeisten Menschen lebten bis dahin in Dörfern und stellten alles, was sie benötigten, innerhalb dieser kleinen Gemeinschaften selbst her. Die Dörfer waren in gewissem Sinn autonom.

In den großen Städten lebte eine Führungsschicht, eine Minorität aus Politikern, Geistlichen, Militärs, Adligen, Bürgern und Großkaufleuten. Diese Gruppe konnte sich bis zum Ende des 18. Jahrhunderts mit Hilfe ihres Reichtums, durch Arbeitsleistung der Bauern, durch Steuerkollekte und Auflagen der verschiedensten Arten für die Elite der Bevölkerung halten.

Im 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts kam es durch die industrielle Revolution und die Arbeitsteilung zur Spezialisierung. Große Entfernungen überbrückende Verkehrs- und Kommunikationsmittel wie Eisenbahn und Telegraf haben zusammengewirkt, um einen zunehmenden Bevölkerungsstrom vom Land in die Städte zu ziehen. Freiere Lebensformen, höhere Löhne, Möglichkeiten des Aufstiegs und des Vergnügens wirkten so anziehend, daß immer mehr Menschen (und damit Energie und Materie) vom Land in die Städte strömten.

Charakteristisch für die moderne Stadt sind große Bevölkerungsdichte, horizontale und vertikale Ausdehnung (besonders durch Hochhausbauten), eine hochentwickelte Infrastruktur für Verkehr und Nachrichten sowie Regeln, die die Funktion dieser Großgemeinschaft aufrechterhalten. Charakteristisch sind zunehmende zyklische Störungen, besonders durch die täglichen Ströme der Menschen zu und von ihren Arbeitsplätzen. Die moderne Stadt wird zu einer gigantischen Umwelt, die morgens die Menschen ansaugt und sie abends wieder ausstößt.

## **Die Stadt als lebender Organismus**

Wachstum und Krankheit, Funktionsvielfalt und wechselnder Zustand des Befindens führen zu der Vorstellung, daß eine Stadt wie ein lebender Organismus mit ihrer Umwelt in Wechselwirkung steht, sie verändert und von ihr verändert wird. Wie beim Korallenriff oder beim Bienenstock ist

die Stadt zugleich Ursache und Wirkung der Aktivität ihres sozialen Lebens. Und bei allen Organismen ist es außerordentlich schwierig, wenn nicht gar unmöglich, zwischen Struktur und Funktion klar zu unterscheiden. Deshalb ist eine Analogie zwischen Stadt und lebendem Organismus durchaus zulässig.

Beim Betrachten eines Stadtplans erkennt man zwar die wichtigsten Strukturen, nicht aber die Funktionsprozesse. Zwischen Straßenzügen und Häuserzeilen sieht man Bahnhöfe, Denkmäler und historische Bauwerke, Krankenhäuser und Verwaltungsgebäude. All das erscheint starr und statisch – ohne Funktion. Um die dynamische Komplexität erkennbar zu machen, müßte man zusätzlich im Stadtplan Aktivitäten bezeichnen, ähnlich wie auf manchen modernen Plänen mit Pfeilen schon Fahrtrichtungen in Einbahnstraßen bezeichnet sind. Man müßte darstellen, wie Energie, materielle Stoffe und Informationen zwischen den Unternehmen und den Verwaltungszentren, den Wohngebieten und der gesamten Umwelt zirkulieren. Nur dadurch wäre es möglich, eine Ahnung über die Gesamtfunktion einer Stadt und die sich in ihr abspielenden Wechselwirkungen zu vermitteln.

*Wohnraum:* Mit einem Flächenbedarf von rund 40 Prozent beanspruchen die Wohngebiete den größten Teil einer Stadtfläche.

*Unternehmen und Handel:* Die meisten Bewohner der Städte und ihrer Vorstädte arbeiten in Produktions- und Dienstleistungsunternehmen, die für die Gemeinschaft erforderlich sind. Die Güterverteilung ist Aufgabe des Handels, zu dem die kleinen Einzelhändler genauso gehören wie die großen Warenhausketten und Supermärkte. Von besonderer Bedeutung ist der Lebensmittelsektor; in den Industrieländern geben die Konsumenten im Durchschnitt rund ein Viertel ihres Einkommens für Nahrungsmittel aus.

*Transportsysteme und Kommunikation:* Der Transport spielt sich in erster Linie auf dem städtischen Straßennetz und mit Hilfe der städtischen Transportsysteme wie U-Bahnen, Autobuslinien, Straßenbahnen, Taxis sowie über die Anschlüsse an die Fernverkehrsnetze durch Bahnhöfe und Flughäfen ab.

Der Kommunikation dienen die Kabelnetze für Ferngespräche und Fernschreiben, die Telefon- und Postzentralen, die Radio- und Fernsehstationen, das Pressewesen sowie der Buch- und Zeitschriftenhandel.

*Vorräte:* Die Einrichtungen zur Lagerhaltung und Speicherung in den Städten unterscheiden sich durch die Art ihrer Nutzung. Energie wird in erster Linie für fossile Brennstoffe wie Erdölprodukte, Brenngas und Kohle gelagert. Verderbliche und lagerfähige Lebensmittel lagern in



erster Linie in Kühlhäusern, Getreide in Silos. Außerdem gibt es Lager-  
einrichtungen für die verschiedenartigsten Produkte, zum Beispiel riesige  
Reservoirs für Trinkwasser. Informationsspeicher sind zum Beispiel Bi-  
bliotheken, Archive und Datenbanken. Banken kann man mit ihren  
Kontensystemen und Tresoren als Speicher für Geld und Wertgegenstän-  
de betrachten.

*Verwaltung und Geldinstitute:* Von großer Bedeutung in den Metropolen  
sind die Organe zur Regulierung des wirtschaftlichen und sozialen Gleich-  
gewichts, in erster Linie die Ministerien, Regierungsstellen nationalen und  
internationalen Charakters sowie Großbanken und andere Geldinstitute.

*Energieverteilung und Abfallbeseitigung:* Dem Energiefluß in die Städte  
hinein und zwischen den Funktionsgliedern der Städte dienen das Elektri-  
zitätsnetz, das Gasnetz und auch Tankstellen. Alle Energieformen setzen  
sich in Abwärme um; materielle Abfälle fließen in die Abwasserkanalisa-  
tion oder werden von der Müllabfuhr gesammelt. Zur Beseitigung dieser  
Abfälle dienen Spezialeinrichtungen wie Kläranlagen, Müllverbrennungs-  
anlagen und Deponien.

Eine andere umfassende Gruppe von Einrichtungen, die in direkter Form  
das Leben der Einwohner beeinflußt, konzentriert sich vielfach in be-  
stimmten Stadtteilen: kulturelle und künstlerische Zentren wie Museen  
und Theater, Einrichtungen des Gesundheitswesens wie Kliniken und  
Krankenhäuser, Bildungsinstitutionen wie Schulen und Universitäten und  
auch Einrichtungen für die Freizeitbeschäftigung wie Kinos, Sportplätze,  
Parks, Kabarett und Bordelle. Zu den Schutz- und Sicherheitseinrichtun-  
gen gehören Polizeistationen, Feuerwachen, Kasernen und Gefängnisse.  
Auch kultische Zentren wie Kirchen und Friedhöfe gehören zum  
Stadtbild.

## **Der »Stoffwechsel« der Stadt**

Unzählige Tonnen von Lebensmitteln, Brennstoffen und Wasser sind  
täglich für das Leben der Einwohner und ihrer Arbeitsplätze erforderlich.  
Eine Stadt mit einer Million Einwohner benötigt pro Tag rund 2000  
Tonnen an Nahrungsmitteln, 4000 Tonnen Brennstoffe und 630 000  
Kubikmeter Wasser. Paris allein verbraucht 30 Prozent aller Erdölpro-  
dukte, 20 Prozent der Kohle, 50 Prozent aller elektrischen Energie in  
Frankreich. Ein Viertel aller in Frankreich produzierten landwirtschaftli-  
chen Güter geht nach Paris.

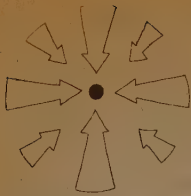
Städte benötigen weiterhin einen ständigen Strom an materiellen Stoffen  
zum Ersatz abgenutzter Strukturen und zum Aufbau neuer.

Wie in jedem Organismus werden auch in einer Stadt ständig die Elemente, aus denen sie sich aufbaut, ersetzt. Diese Dynamik der Erneuerung wird besonders deutlich im Abbruch ganzer Stadtviertel und dem gleichzeitigen Neuaufbau anderer; diese Dynamik zeigt sich aber auf jeder Ebene des städtischen Lebens. Die Abfälle des städtischen Stoffwechsels werden der Umwelt aufgelastet. Eine 1-Millionen-Stadt schüttet täglich 500 000 Kubikmeter Abwasser mit einem Feststoffgehalt von 120 Tonnen aus, sie liefert 2000 Tonnen an festen Abfällen und emittiert 950 Tonnen in die Atmosphäre. Die Auswirkungen dieser Umweltbelastungen auf das Leben des einzelnen sind zwar bekannt, hier ist aber darauf hinzuweisen, daß sich infolge dieser städtischen Stoffwechselprodukte auch eine Veränderung des Mikroklimas der Städte ergibt. Infolge von Heizung, Klimatisierung, industriellen Abläufen und Kraftverkehr wirkt die Stadt als Wärmequelle. Sie ist aber auch eine Wärmefalle, da die vertikalen Strukturen, also die Ballung höherer Gebäude, die Adsorption der Sonneneinstrahlung erhöht. Ferner wird durch das Relief der Stadt die Luftturbulenz verstärkt und die Wärmeabführung durch Luftströmungen reduziert.

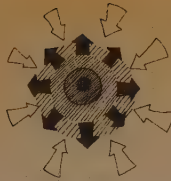
Da die Niederschläge unverzüglich durch das Kanalnetz abfließen, kommt es zu verminderter Abkühlung durch Verdunstung. Die mittlere Temperatur im Stadtgebiet ist daher durchschnittlich einige Grade höher als in der näheren Umgebung einer Stadt. Die Wirkung dieser Wärmeblase wird erhöht durch die Auswirkungen des Staubes und der in der Luft suspendierten Aerosole. Sie bilden Kondensationskeime und fördern die Nebel- und Wolkenbildung, die den Bedeckungsgrad über den Städten steigern. Im Endergebnis ist dann die winterliche Sonneneinstrahlung in Stadtgebieten 30 Prozent geringer und die Niederschlagsmengen sind im Jahresmittel 10 Prozent höher als in der unmittelbaren Umgebung.

Eine weitere, sich täglich abspielende städtische Erscheinung ist der Strom der Pendler. Sie zeigt sich in den Ballungszentren bei Verkehrsstauungen auf den Durchgangsstraßen. Nachdem bis vor einem Jahrzehnt der Zuzug in die Städte angehalten hat, kommt es nunmehr zu einer Gegenbewegung: Lärmbelästigung, Luftverschmutzung, allgemeine Nervosität, hohe Mietpreise und steigende Kriminalität haben eine Gegenbewegung der Bevölkerung in Richtung auf die grünen Randgebiete und auch in die Provinz hervorgerufen. In den Hochhauszentren und ärmeren Wohngebieten vieler amerikanischer Städte leeren sich heute nachts die Straßen und werden zu Stätten der Furcht und des Verbrechens, während sich die Einwohner in die Einfamilienhäuser der Vorstädte zurückgezogen haben und täglich auf dem Weg zu und von den Arbeitsstätten eine oder mehrere Stunden in Kraftwagen oder in Zügen verbringen.

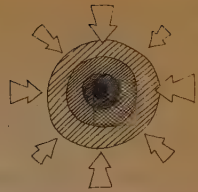
So zeigt sich die Stadt als ein sich selbst regulierendes System, das Ausgleichsströme von Menschenmassen zwischen dem Zentrum und der Peripherie hervorruft. Im Lauf ihrer Geschichte hat die Stadt eine Ent-



Stadt zieht  
Menschen an



Einwohner ziehen  
in Trabantenstädte



Bewohnung (der Stadtgebiete)  
in Form konzentrischer Zonen

wicklung des explosiven Wachstums durchschritten, auf die eine Stabilisierungsperiode und schließlich Stagnation folgten. Letztere ist vielfach charakterisiert durch Degeneration bestimmter Stadtgebiete, Entstehung von Elendsvierteln, immer größerer Entfernungen zwischen Wohngebieten und Arbeitsstätten und dem Zerfall des kulturellen und künstlerischen Erbes.

## Unternehmen

Im Verlauf der industriellen Revolution konzentrierten sich die Unternehmen in den Stadtgebieten, wo sie mit hoher Bevölkerungsdichte und großem Angebot an Arbeitskräften, erweiterten Handelsmöglichkeiten und aktiven Märkten ideale Entwicklungsbedingungen fanden. Fast jede Großstadt eines Landes besitzt charakteristische Produktionszweige, von der sie vornehmlich lebt, zum Beispiel Bergbau und Energiegewinnung oder Textilindustrie, chemische Industrie, Maschinenbau, Elektronik und so weiter.

Heute befinden sich in den Zentren der großen Städte in erster Linie Dienstleistungsbetriebe mit Handels- und Verteilungsfunktionen oder die Verwaltungssitze nationaler und internationaler Gesellschaften. Die Produktionsstätten wurden aus den Ballungsgebieten in die Peripherie der Städte oder in die Provinz verlegt, möglichst nahe der Energievorkommen, der benötigten Arbeitskräfte oder der wichtigsten Grundstoffe.

### Was charakterisiert ein Unternehmen?

Nach Albertini ist »jede Aktivität, die den Verkauf eines Produktes oder einer Dienstleistung auf dem Verbrauchsgütermarkt oder dem Markt für Investitionsgüter zum Ziel hat, ein *Unternehmen*«. Nach dieser allgemeinen Definition kann sowohl ein einzelner, freischaffender Mensch, wie etwa ein Rechtsanwalt oder ein Künstler, ebenso ein Unternehmen dar-

stellen wie eine riesige Firma mit Tausenden von Beschäftigten. (Letzter Satz Zusatz des Übersetzers.)

Ein Unternehmen ist aber auch ein Entscheidungszentrum, das eine eigene autonome Strategie entwickeln kann, deren Hauptziel »die Erreichung maximalen Gewinns unter den gegebenen technischen und finanziellen Möglichkeiten« (Attali und Guillaume) sein muß. Die Unternehmensfunktion läuft daher sowohl auf individueller als auch auf gesellschaftlicher Ebene ab. Die erste Funktion ist die Güterproduktion beziehungsweise die Bereitstellung von Dienstleistungen zur Deckung menschlicher Bedürfnisse. Die zweite Funktion bildet die Anhäufung von Reichtum, das heißt die Schaffung eines Überflusses an Geldmitteln, die zum Teil wieder in die Wirtschaft zurückfließen und zur Erhöhung des Lebensstandards eines Landes beitragen.

### **Voraussetzung zur Unternehmensentwicklung**

Zunächst ist eine Organisation erforderlich, das heißt spezialisierte Abteilungen und Kommunikationsverbindungen zwischen ihnen. Die Produktionsabteilung umfaßt die Herstellungsstätten und Werkstätten sowie den Maschinenpark; der Vertrieb muß sich auf ein Verteilungsnetz stützen. Weiterhin erforderlich ist eine Geschäftsführung mit Abteilungen für Planung und Kontrolle, für Forschung und Entwicklung, aus denen neuartige Güter hervorgehen.

Zu den Produktionsfaktoren gehören in erster Linie:

a) Arbeitskraft – alle Mitarbeiter, Arbeiter wie Angestellte – zur Produktion von Waren, Nutzung von Informationen, zur innerbetrieblichen Kommunikation und Kontrolle.

b) Das Kapital wird durch die zur Verfügung stehenden finanziellen Mittel und die Produktionsausrüstungen aller Art, wie Maschinen, Gebäuden und ähnlichem, gebildet.

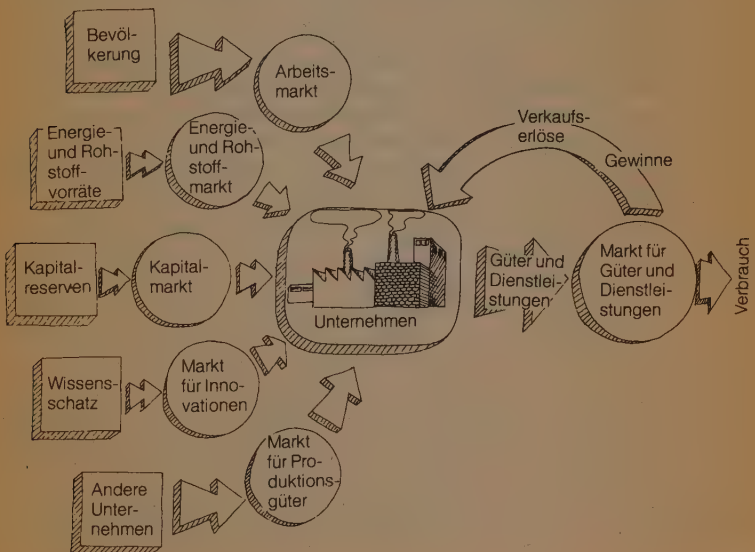
c) Zu Energie und Rohmaterialien gehören in erster Linie die benötigten fossilen Brennstoffmengen, elektrische Energie oder Dampfkraft zum Maschinenantrieb sowie die Rohstoffe und Halbfertigprodukte zur Herstellung von Werkstücken oder der Montage von Werkteilen.

d) Die Informationen umfassen den Wissensschatz für die Warenherstellung, das sogenannte »Know-how«, Patente, Lizenzen, kurz alle immateriellen Werte – aus der Erfahrung der Mitarbeiter des Unternehmens und dem bereits allgemein vorhandenen Wissen.

Die durch das Zusammenwirken all dieser Faktoren entstehenden materiellen Güter sind als sogenannte Produktionsgüter entweder für andere Unternehmen (zum Beispiel zur Weiterverarbeitung) oder als Verbrauchsgüter für den Einzelverbraucher, den Konsumenten, bestimmt.



Immaterielle Produktionsgüter eines Unternehmens sind Dienstleistungen, wie zum Beispiel Transport, Öffentlichkeitsarbeit und Werbung, Beratungstätigkeit, Versicherung und ähnliches. Die Unternehmen beschaffen sich die Produktionsmittel auf dafür spezialisierten Märkten, wie es auf der unteren Zeichnung dargestellt ist. Im Unterschied zu der Zeichnung auf Seite 43 zeigt diese Darstellung keine geschlossenen Schleifen und veranschaulicht das, was in ein Unternehmen hineinfließt, die sogenannten Inputs, und was das Unternehmen verläßt, die Outputs. Die Unternehmen kaufen oder leihen auf den Spezialmärkten die zur Güterproduktion oder für Dienstleistungen erforderlichen Faktoren. Wenn zum Beispiel zur Weiterentwicklung oder zur Aufrechterhaltung des Unternehmens Geld gebraucht wird, kann es bei Banken mit kurz- oder langfristigen Darlehen beschafft werden. Geld kann aber auch »gekauft« werden, und zwar gegen ein ganz spezielles Zahlungsmittel von Betrieben, der *Aktien*. Die Verkäufer des Geldes (die Käufer der Aktien) übernehmen einen Teil des Betriebseigentums und werden Aktionäre. Die Unternehmen müssen von ihren Einnahmen die für die Produktionsfaktoren erforderliche Summe abzweigen. Diese Summe umfaßt in erster Linie die den Mitarbeitern gezahlten Entgelte, die Zinsen oder Dividenden als Zahlungen für das in Anspruch genommene Kapital, Lizenzentgelte für in Anspruch genommenes »Know-how« oder genutzte Patente sowie Steuern an den Staat. Unternehmen können also nur Gewinne erzielen, wenn sie höhere Werte produzieren, als sie verbrauchen.



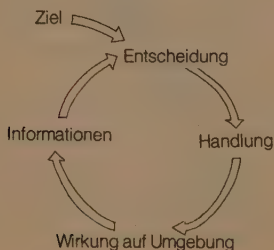
## Die Bedeutung des Unternehmers

Die Bestimmung des Unternehmensziels und der Mittel zu seiner Realisierung sowie der erforderlichen Kontrollsysteme für den Geschäftsgang ist Angelegenheit der Geschäftsführung mit dem Unternehmer an der Spitze.

Wirksame Regulation – das heißt gute Geschäftsführung – bedeutet im Grund Anpassung der Ziele des Unternehmens an die bestehenden äußeren Gegebenheiten. Wichtigstes Ziel ist Produktionsverbesserung und Erhöhung der Produktion.

Von Bedeutung ist ferner die geschickte Auswahl der Finanzierungsmittel und der Investitionen, die die Rentabilität des Unternehmens mitbestimmen, sowie die Aufrechterhaltung der Marktposition, das Marketing, die Forschung und Weiterentwicklung mit dem Endziel, die Nachfrage der noch in Produktion befindlichen oder neuen Waren zu verstärken. Schließlich darf die soziale Nützlichkeit des Unternehmens nicht übersehen werden, seine Rolle als gesellschaftlicher Faktor, die ihm wieder öffentliche Verantwortung auferlegt. Alle diese Ziele werden unter dem globalen Ziel des maximalen Unternehmensgewinns zusammengefaßt. Die bestehenden äußeren Beschränkungen machen eine ständige Anpassung an diese Ziele erforderlich. Diese Beschränkungen sind sozialer, finanzieller, industrieller, wirtschaftlicher und auch administrativer Art. Der Unternehmer versucht ständig, die ihm zur Verfügung stehenden Mittel den Erfordernissen zur Realisierung der Unternehmensziele anzupassen; er muß dazu Informationen in Aktionen umsetzen, also Entscheidungen treffen. Die hierarchische Organisation eines Unternehmens ermöglicht wieder die Umsetzung der von der Unternehmensleitung ausgehenden Instruktionen in Aktionen, durch die bedeutende menschliche, materielle und finanzielle Mittel wirksam werden. Die Führungsfunktion des Unternehmers läßt sich daher als geschlossener Kreis beschreiben, der, ausgehend von der Zielvorstellung, zu Entscheidungen führt, deren Realisierung wieder neue Entscheidungen erforderlich machen.

Aber diese Funktion führt zu zwei Aktionsarten, die sich anscheinend



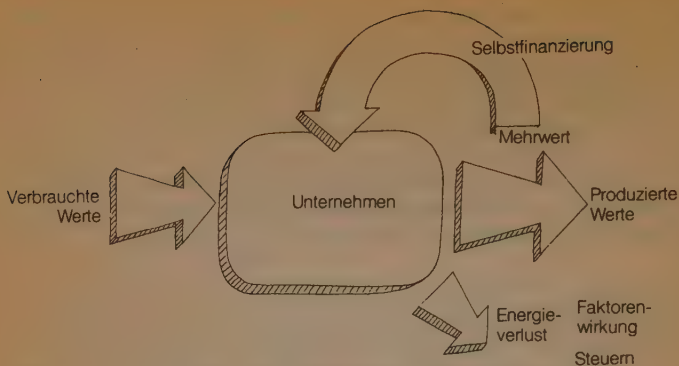
widersprechen. Einerseits muß der Unternehmer eine stabilisierende Funktion ausüben; um das Unternehmen und die Arbeitsplätze zu sichern, muß ein Gleichgewichtszustand herrschen. Andererseits aber muß er auf beständiges Wachstum des Unternehmens bedacht sein. Die Ausgewogenheit zwischen diesen beiden unterschiedlichen Aktionsarten bestimmt letzten Endes, inwieweit das Unternehmen auf gesunden Füßen steht. Wie jeder komplexe Organismus können auch Unternehmen Phasen des Wachstums, der Stagnation und der Regression durchlaufen und Fluktuationen unterliegen.

## **Strategie des Wachstums**

Hauptziel der langfristigen Unternehmensstrategie ist Sicherung des Wachstums durch Aufrechterhaltung von Gleichgewicht und Stabilität. Die traditionellen Beschränkungen, vor allem sozialer und finanzieller Art, denen Unternehmen unterliegen, haben neuen Zwängen Platz gemacht, die sich aus der raschen Entwicklung in den Industriegesellschaften und der Beschleunigung des Wirtschaftswachstums ergeben haben. Die Unternehmensleitungen müssen daher weiterblickend handeln, schneller entscheiden, detaillierte Entwicklungspläne entwerfen und ihre Kontrollmechanismen rigoros einsetzen. Sie müssen Schritt halten mit der allgemeinen Entwicklung, den Wunschvorstellungen und Bedürfnissen der einzelnen Menschen, mit der Wettbewerbssituation und den Expansionserscheinungen der nationalen und internationalen Wirtschaftskräfte. All dies hat dazu geführt, daß sich die Unternehmen bis heute eine Wachstumsstrategie zu eigen machten, die einerseits auf der Schaffung ständig neuer technischer, industrieller und kommerzieller Hilfsmittel und andererseits auf der Fusion mit anderen Unternehmen beruht – auf Ankauf oder Eingliederung von Gesellschaften, die eine Erweiterung des Warenangebots versprechen.

Diese Wachstumsstrategie erfordert eine Finanzstrategie und eine Auswahl der zur Aufrechterhaltung des Wachstums erforderlichen Mittel, die der Unternehmensgröße und den Zielen des jeweiligen Unternehmens angepaßt sein müssen und gleichzeitig der Unternehmensleitung und den Hauptaktionären noch eine gewisse Aktionsfreiheit lassen.

Eigenfinanzierung ermöglicht Wachstum unter Wahrung der Unabhängigkeit. Ein Unternehmen, das seine Finanzmittel selbst aufzubringen vermag, setzt einen autokatalytischen Prozeß in Gang, der mit einer Kettenreaktion vergleichbar ist. Selbstfinanzierung bedeutet, daß die erarbeiteten Überschüsse in Form strategischer Investitionen (zum Beispiel durch Konsolidierung der Finanzen, durch verbesserten Maschinenpark, Erweiterung des Vertriebsnetzes und der Produktion) wieder im Betrieb eingesetzt werden. Idealziel aller Unternehmer bei einer Firmen-



gründung ist die Ankurbelung und die Aufrechterhaltung des Prozesses der Selbstfinanzierung.

Bei guter Geschäftsführung kann auch schon ein Unternehmen mit zwei Beschäftigten ausreichende Wirkung entfalten, um seinen Bestand zu sichern und zu wachsen: Es wird jedoch erst nach mehreren Jahren eine beachtenswerte Größe erreichen können. Schnelleres Wachstum ist fast immer mit höheren Geldinvestitionen verbunden. Wenn ein neues Unternehmen dieses Ziel in kürzerer Zeit erreichen will, müssen außer Ideen, menschlicher Arbeitskraft und »Know-how« Kapitalmittel besonderer Art eingesetzt werden, die »potentielle Energie« darstellen und als Antriebskraft zur raschen Beschleunigung und zur Selbsterhaltung erforderlich sind. Dadurch steigt das Risiko. Es muß festgelegt werden, welche Energiemengen eingesetzt werden müssen, um die Phase des reinen Verbrauchs zu überwinden und die winzige überschüssige Größe zu erreichen, die für die Ankurbelung einer Kettenreaktion erforderlich ist. Auf der Fähigkeit zur genauen Einschätzung dieses Risikos beruht die Kunst der Unternehmensgründung.

## Organismus

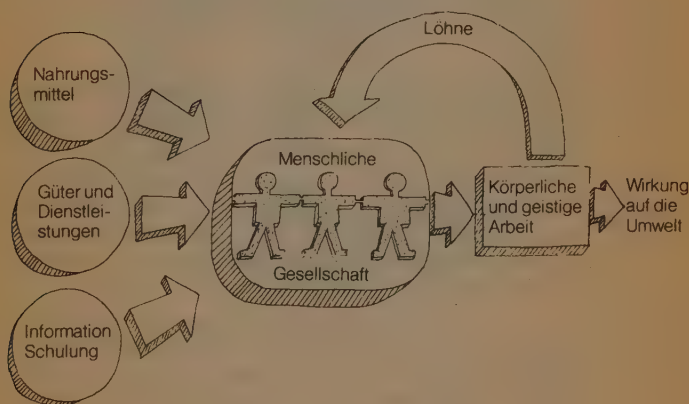
Die Fortschritte auf dem Gebiet der Anatomie, der Physiologie und der Medizin führten gegen Ende des 18. und zu Beginn des 19. Jahrhunderts dazu, daß der Begriff »Organismus« auf Gesellschaften als Ganzes übertragen wurde, zum Beispiel als politischer oder sozialer Organismus. Dieser Begriff des Organischen ist in diesem Zusammenhang sehr anschaulich, denn er drückt die Komplexität und die Wechselwirkungen in einer Gesamtheit aus, in der die Vielfältigkeit der Beziehungen zwischen



den integrierten Teilen vielfach bedeutungsvoller ist als die Teile selbst. Auf der Ebene der Organismen und der einzelnen Zellen finden wir wieder die Funktionsprinzipien, die allen Organismen im biologischen und im übertragenen Sinn gemeinsam sind.

## Die wichtigsten organischen Funktionen

Betrachten wir einen Menschen bei der Arbeit. Gleichgültig, ob diese Tätigkeit manueller oder intellektueller Art ist. Sie wird nur durch Energieaufwand und Informationsverarbeitung ermöglicht. Die Energie wird durch die Nahrungsmittel geliefert. Die Informationen gliedern sich in zwei Hauptarten: 1. Durch Erziehung und Schulung wurde dem Menschen Grundwissen vermittelt, das es ihm ermöglicht, überhaupt einen Beruf auszuüben; 2. Arbeitsanweisungen machen seine berufliche Tätigkeit aus; ferner unterliegt er ständig Einwirkungen aus seiner Umwelt und seinem eigenen Befinden, das heißt seinem eigenen Organismus. Als Gegenwert für seine Arbeit erhält er eine Bezahlung, für die er sich seine Nahrung und andere nötige oder gewünschte Güter beschaffen und Dienstleistungen in Anspruch nehmen kann.



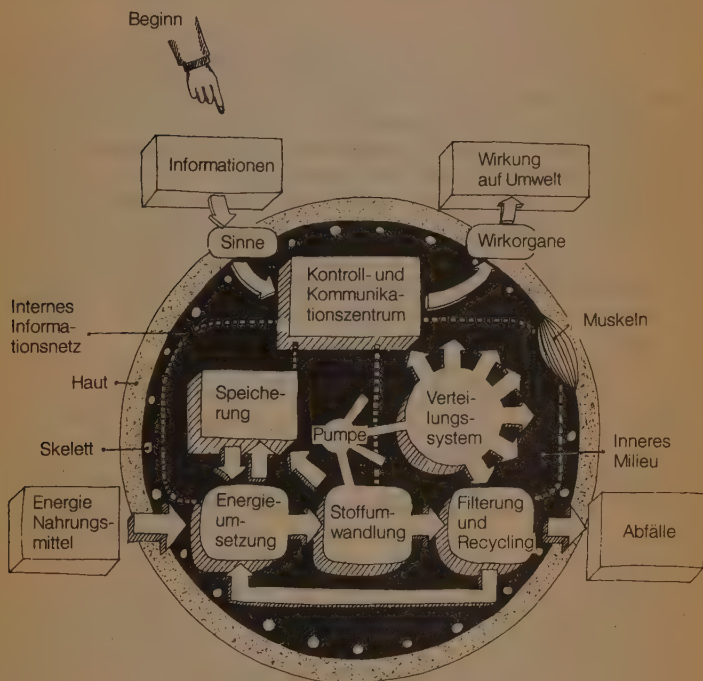
Zur Lebenserhaltung und Arbeitsleistung, zur Aufnahme und Verarbeitung von Informationen ist immer eine spezielle Organisation erforderlich, deren wesentliche Faktoren die Organfunktionen sowie die Verteilungssysteme für Energie und Informationen sind. In großen Zügen ist diese Organisation auf der Abbildung Seite 57 dargestellt.

*Energieumwandlung:* Das System zur Energieumwandlung umfaßt mehrere Organe und funktioniert im nahezu geschlossenen Kreislauf. Die bei verschiedenen Umwandlungsprozessen aus Grundnahrungsmitteln freiwerdenden Substanzen werden entweder sofort verbraucht oder gespeichert. Die Lungen geben Kohlendioxid ab, das bei der Zersetzung organischer Stoffe unter Stauerstoffeinwirkung immer entsteht. Das Blut ist das Transportmittel zur Verteilung der aus der Nahrung gewonnenen Energiemengen, des aufgenommenen Sauerstoffs und zahlreicher lebenswichtiger Substanzen bis in die letzten Verzweigungen des Adernetzes. Das Herz als Antriebspumpe dieses Kreislaufsystems befördert pro Tag fünf bis sechs Kubikmeter Blut – das sind etwa 15–18 Badewannen voll – durch die Hauptschlagadern. Auch die Abfälle des Stoffwechsels einschließlich der gasförmigen Stoffe werden mit dem Blut transportiert und in einem Filtersystem aus ihm entfernt, das die ständige Regenerierung dieser lebenswichtigen Flüssigkeit sichert. Außer den Lungen sind die wichtigsten Filterorgane des Organismus die Nieren und die Leber. In den Lungen erfolgt die Abgabe des Kohlendioxids und die Aufnahme des Sauerstoffs durch das Hämoglobin der roten Blutkörperchen. 99 Prozent des in die Nieren einlaufenden Blutes läuft gereinigt in den Blutkreislauf zurück, der Rest von einem Prozent wird in Urin umgewandelt, mit dem in erster Linie stickstoffhaltige Abbauprodukte ausgeschieden werden. In der in besonderem Maß als chemischem Filter arbeitenden Leber werden vor allem toxisch wirkende Substanzen zurückgehalten und abgebaut (zum Beispiel Alkohol).

*Organische Informationssysteme:* Die organischen Informationssysteme setzen sich zusammen aus Aufnahme- und Speicherorganen, Organen zur Informationsverarbeitung, zur Kontrolle und zur Regulation sowie aus zwei miteinander verflochtenen Kommunikationsnetzen. Das eine funktioniert elektrochemisch und ist das Nervenetz, das andere wirkt auf rein chemischer Basis mit Hilfe der Hormone. Die Aufnahmeorgane wandeln die aus der Umwelt kommenden Signale in verarbeitbare Informationen um. Es handelt sich dabei um photoelektrisch wirkende Organe zur Lichtempfindung und Abbildung, akustische Organe zur Tonaufnahme, chemisch wirkende Organe zur Geschmacks- und Geruchsempfindung, mechanisch wirkende Organe, die auf Berührung, auf Kälte und Wärme ansprechen. Sie bilden das Sinnesnetz.

Die Informationen lassen sich im Gedächtnis speichern und werden in den verschiedenen Zonen des Rückenmarks und des Gehirns verarbeitet. Wir kennen im Gehirn Riechzonen, eine Gesichtszone, eine Gehörzone und ähnliches. Die Regulierung der wichtigen Funktionen des Organismus erfolgt über das Gehirn oder auf direkterem Weg über endokrine Drüsen. Dazu ist meist das Zusammenwirken mehrerer Organe und daher ein Kommunikationssystem zwischen den Organen erforderlich. Es arbeitet

vornehmlich auf elektrochemische Weise und ermöglicht mit Hilfe der Nerven die Weiterleitung elektrischer Impulse, die die Informationen beinhalten. Dieses System ist aber auch chemischer Natur, denn die Ausscheidung einer endokrinen Drüse stellt ein Molekülsignal dar, das wir Hormon nennen und das in den Blutkreislauf abgegeben wird. Alle durchbluteten Organe nehmen zwar ein solches Hormonsignal auf, aber durch die Kodierung reagieren nur die Organe, für welche die betreffende Information ein Regulierungssignal darstellt.



**Innerer Aufbau und äußerer Schutz:** Der von der Außenhaut begrenzte Organismus ähnelt einem Sack, der zu über 60 Prozent mit Wasser gefüllt ist. Die inneren Organe und die Kommunikationssysteme sind keineswegs mechanisch so stabil, daß sie nicht unter ihrem eigenen Gewicht zusammensacken würden. Deshalb ist das Skelett als Stützapparat erforderlich. Die Haut wirkt als äußerer Schutz gegen das Eindringen von Mikroorganismen und anderen Fremdkörpern. Zahlreiche Nervenenden machen die Haut aber auch zu einem Sinnesorgan, das Informationen aus der Umwelt

aufzunehmen vermag. Über Wärme- und Kältewahrnehmung wirkt die Haut auf die Temperaturregulierung des Körpers. Der Organismus verfügt über ein System der Selbstverteidigung gegen fremde Substanzen. Die dafür zur Verfügung stehenden Waffen sind die sogenannten Antikörper, die auf körperfremde Proteine reagieren und sie zu zerstören vermögen, ferner die weißen Blutkörperchen, die in erster Linie bakterielle Krankheitserreger absorbieren und neutralisieren.

## Das innere Gleichgewicht

Die Organisation des Körpers ermöglicht es dem Menschen, auf seine Umgebung einzuwirken und auf Informationen oder Aggressionen von außen zu reagieren. Physiologisch ist erwiesen, daß die Reaktionen des Menschen wie die der Tiere auf Aggressionen drei verschiedene Grundformen zeigen: Flucht, Kampf und Anpassung.

Bei unangenehmen, feindlichen oder als gefährlich empfundenen Einwirkungen aus der Umwelt kann der Organismus mit Flucht reagieren; das Tier oder der Mensch entfernt sich dann einfach aus dem betreffenden Milieu. Sie können jedoch auch angreifen oder sich verteidigen, durch eine befreiende Handlung die bedrohliche Umwelt verändern und günstige Lebensbedingungen wiederherstellen.

Gleichmaßen müssen sich die Organismen dauernd neuen Umweltbedingungen anpassen. Aber dieser Vorgang ist niemals vollkommen. Es ist schwierig für den Menschen, sich an eine gegebene Umwelt vollständig anzupassen. Dadurch kommt es zu Frustrationen, Ängsten und Störungen des Wohlbefindens. Das aber ist im Endeffekt eine positive Erscheinung, weil daraus fast immer bewußte oder unbewußte Handlungen und Verhaltensweisen entstehen, die Veränderungen oder Umwandlungsvorgänge zur Folge haben.

Ein durch seine Umwelt bedrohter oder aber von angenehmen oder gefährlichen Ereignissen vorinformierter Mensch wird innerlich auf Aktion »eingestimmt«. Sein Organismus mobilisiert Energiereserven und setzt bestimmte Hormone frei (wie etwa Adrenalin), die zur Flucht oder zum Kampf mobilisieren. Diese innere Mobilisierung zeigt sich durch allgemeinbekannte physiologische Erscheinungen. Bei Emotionen, bei Gefahren und bei Anstrengungen werden Puls und Atmung beschleunigt, das Gesicht wird rot oder blaß, Schweiß wird abgesondert, es kommt zur stoßenden Atmung, die Knie zittern. Dies sind physiologische Anzeichen für die Bemühungen des Organismus zur *Aufrechterhaltung des inneren Gleichgewichts*. Es ist ein Indikator für die reibungslose Funktion in einem Organismus, das heißt für die Aufrechterhaltung eines konstanten Konzentrationspegels an bestimmten lebenswichtigen Molekülen und Ionen im Blut und bestimmter physischer Parameter wie etwa der Temperatur.

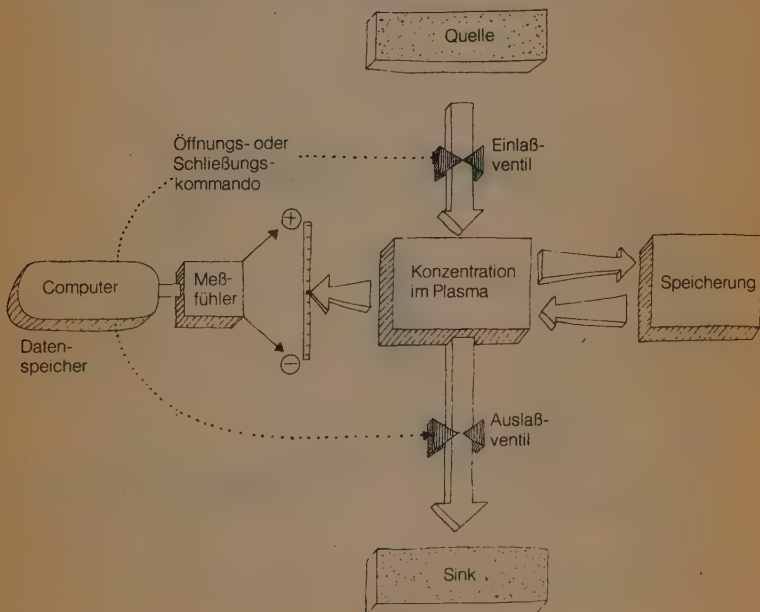


Physiologisches Ziel ist immer die Aufrechterhaltung dieses Gleichgewichts – unabhängig von der Umwelt.

Diese außergewöhnliche Fähigkeit des Organismus hat zahlreiche Physiologen beschäftigt. 1932 prägte der amerikanische Physiologe Walter B. Cannon für den durch physiologische Kreisprozesse erzielten Gleichgewichtszustand im Organismus, der zur Erhaltung des Daseins erforderlich ist, den Begriff »Homöostasie«, der heute auch große Bedeutung in der Kybernetik hat.

## Die Regulation der Lebensfunktionen

Das innere Milieu wird von dem Blutplasma repräsentiert, das alle inneren Organe und die einzelnen Zellen durchsetzt. Es steht in chemischem und osmotischem Gleichgewicht mit der extrazellulären Flüssigkeit im Gewebe und in den Kapillaren und kann als ein Überbleibsel des Urozeans betrachtet werden, in dem die ersten primitiven Organismen suspendiert waren. Das Plasma stellt 55 Prozent der gesamten Blutmenge; die restlichen 45 Prozent sind rote und weiße Blutkörperchen sowie Blutplättchen. 92 Prozent des Blutplasmas bestehen aus Wasser, die restli-

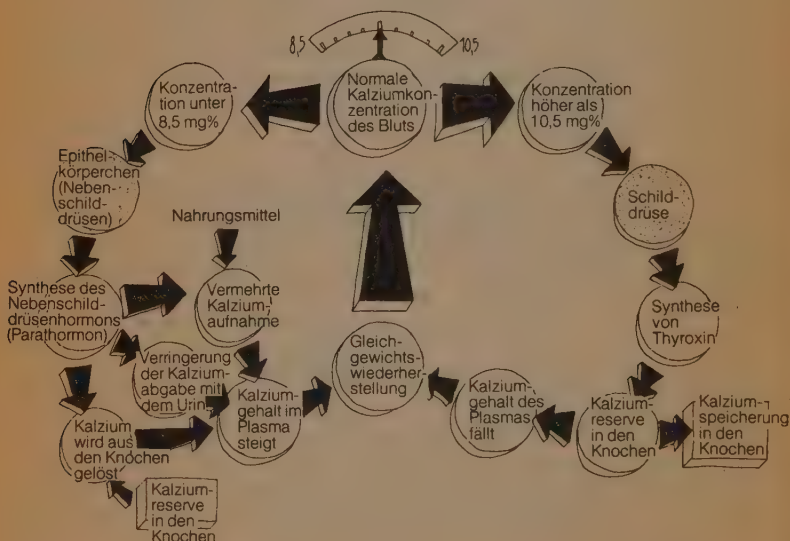


chen 8 Prozent sind molekular gelöste, lebenswichtige Stoffe wie Glukose, Aminosäuren, Fettsäuren, Hormone wie Insulin, Adrenalin und Testosteron und Ionen wie die von Kalzium und Natrium.

Kybernetisch betrachtet, erfolgt die Regulation mit Hilfe eines Kontrollmechanismus, der, wie jede Kontrolleinrichtung, aus einem Detektor als Signalgeber, einem Rechner zum Vergleichen der Ist- mit den Sollwerten und einem Signalspeicher besteht, in dem die Grenzwerte, die nicht überschritten werden dürfen, niedergelegt sind. Jedes Molekül und Ion im Plasma kommt aus einer »Quelle«, kann in einem Organ gespeichert werden und verschwindet schließlich in einem »Sink«. Dieses allgemeine Regulationsmodell ist im Schema Seite 59 dargestellt, das gleichermaßen auch für technische Regulationssysteme gilt.

Besonders einfach läuft die Regulierung der Kalziumkonzentration im Blut ab. Kalzium ist äußerst wichtig für das Muskelgewebe und für den Knochenbau. Mit erstaunlicher Genauigkeit wird seine Konzentration im Blutplasma auf einem Wert zwischen 8,5 mg pro 100 ml (8,5 mg/%) und 10,5 mg% gehalten. Das Kalzium wird mit der Nahrung aufgenommen. Das Knochengestüt bildet einen riesigen Kalziumspeicher; nur eine geringe Kalziummenge geht ständig mit dem Urin ab. Das Regelschema für die Kalziumkonzentration im Blutplasma ist hier aufgezeichnet:

Wenn der Kalziumspiegel im Blutplasma unter 8,5 mg% fällt, so gibt ein molekularer »Detektor« im Gewebe der Weberschen Drüse ein Signal ab,



das die Synthese des betreffenden Hormons in Gang setzt. Das ins Blut abgegebene Hormon bewirkt: 1. Freisetzung von Kalzium aus den Knochen; 2. Bremsung der Kalziumabgabe mit dem Urin und 3. Zunahme der im Verdauungstrakt aufgenommenen Kalziummenge.

Dadurch steigt die Kalziumkonzentration im Blutplasma. Übersteigt sie den Grenzwert von 10,5 mg%, so setzt ein gleichartiger molekularer Detektor der Schilddrüse die Synthese eines weiteren Hormons in Gang, das die beschleunigt gesteigerte Speicherung von Kalzium in den Knochen bewirkt. Das hat einen sinkenden Kalziumspiegel im Blutplasma zur Folge.

### **Dirigent der Instinkte**

Die Regulierung der anderen Konstanten des Blutplasmas erfolgt im allgemeinen unter Mitwirkung des Gehirns. Von inneren Veränderungen des Organismus wird vielfach zuerst ein Detektor beeinflusst, dessen Sitz eine bestimmte Gehirnregion ist, die außerordentliche Bedeutung für das Zusammenspiel der vegetativen Funktionen wie Hunger, Durst, Regulierung der Körpertemperatur und sexuelles Bedürfnis hat. Diese Region, der Hypothalamus, wirkt praktisch als Dirigent der Instinkte.

*Hunger:* Wenn der Hypothalamus zu niedrige Konzentrationen an Glukose, Aminosäuren oder Fettsäuren im Blutplasma feststellt, entsteht Hungergefühl. Das betreffende Gehirnzentrum verarbeitet aber auch andere Signale wie die Körpertemperatur und Magenfülle, deren Werte etwa Hungergefühl auslösen können. Von großer Bedeutung ist die Zeitkonstante des Regelmechanismus, denn zwischen dem Auftreten von Hungergefühl und Nahrungsaufnahme kann eine beträchtliche Zeitspanne vergehen. Deshalb ist ein Reaktionsmechanismus erforderlich, der auch in der Zwischenzeit rasch für eine Erhöhung des Glukosespiegels sorgt: Die Abweichung vom Gleichgewichtszustand (zum Beispiel zu niedriger Blutzuckerspiegel) bewirkt, daß die Nebennieren Adrenalin ausscheiden, das in der Leber gespeichertes Glykogen sofort in verwertbare Glukose (in Form von Traubenzucker) umsetzt. Innerhalb von Minuten beginnt deshalb der Glukosespiegel zu steigen. Vergeht zwischen dem Auftreten von Hungergefühl und Nahrungsaufnahme eine längere Zeitspanne von mehr als zwei Stunden, so bewirkt die Ausscheidung von Hydrocortison durch die Nebennierenrinde die Umbildung von Eiweißstoffen in Glukose. Dieser Abbau des Körpergewebes wird jedoch erst nach einem längeren Hungerzustand von sechs bis acht Stunden wirksam.

*Durst:* Nimmt das Plasma eine zu hohe Konzentration an, so bewirkt der Hypothalamus über die Hypophyse die Absonderung des Hormons Anti-diurethan, das zur Freisetzung des auf die Nieren wirkenden Vasopressins

führt. Dadurch nimmt die Konzentration des Urins zu, das heißt ein Teil des Wassers wird im Körper zur Senkung der Plasmakonzentration zurückgehalten. Gleichzeitig empfindet man Durst, der bekanntlich zur Flüssigkeitsaufnahme führt.

*Temperatur:* Beim Menschen wird die Körpertemperatur exakt auf 37 Grad Celsius gehalten; bei den meisten Warmblütlern liegt sie ebenso exakt zwischen 35 und 44 Grad Celsius. Diese Temperaturregulation läuft mit Hilfe der Kälte- und Wärmeempfindungen ebenfalls über den Hypothalamus ab und erfolgt durch Änderung der Wärmeisolation, zum Beispiel durch Kleidung, tierisches Fell, Fettpolster, beim Menschen auch durch Heizung und Raumklimatisierung sowie durch innere Wärmeerzeugung bei der Fettverbrennung und auch durch Muskelkontraktionen beim Frieren, besonders ausgeprägt beim Schüttelfrost. Überschüssige Wärme wird durch das Blut und über die Hautfläche abgegeben. Ein besonders starker Kühleffekt entsteht durch die Verdunstung von Schweiß.

### **Das Gehirn: Kontroll- oder Entscheidungszentrum?**

In gleicher Weise laufen unzählige andere Regulationsmechanismen über das höhere Nervensystem ab und führen dabei zu den zahlreichen Nuancen des Verhaltens. Diese Regulierungen werden nicht nur durch einfache Signale über körperinnere Abweichungen ausgelöst, sondern auch durch eine Unmenge äußerer Einflüsse; sie alle stellen Symbole oder Zeichen dar, die, hierarchisch nach ihren Wertbedeutungen geordnet, in Verhaltensregeln integriert sind und eine Fülle von Verhaltensweisen auszulösen vermögen. Speziellen, persönlichen Wertvorstellungen entsprechend, kann sich ein Mensch zum Beispiel entschließen, seinem Hunger zu widerstehen und bis zum Eintritt des Todes in Hungerstreik zu treten. In diesem Fall setzt er den Selbsterhaltungstrieb außer Kraft, indem er nicht mehr auf sein inneres Signal, eben den Hunger, in der vorgegebenen Weise reagiert. Ein solches Verhalten kann keine Drüse und kein Organ hervorrufen.

Innere Signale sind aber auch Lustempfindungen, Freude und Furcht. Innerhalb des Hypothalamus gibt es offensichtlich ein Nervengeflecht, das eine bedeutsame Rolle bei der »Befriedigung« des Organismus spielt. Wenn man bei Tierversuchen eine dieser Zonen mit elektrischen Signalen reizt, frißt das betreffende Tier mit Heißhunger. In Gegenwart eines Geschlechtspartners kommt es zu frenetischen Paarungsversuchen. Wenn man dem Tier jedoch die Möglichkeit einräumt, die betreffende Gehirnzone selbst zu stimulieren, so reizt es sich bis zu 8000mal pro Tag – bis zur körperlichen Erschöpfung. Die Stimulierung einer anderen Nervenzone im Hypothalamus mit offensichtlich gegensätzlicher Funktion führt dage-



gen zu typischen Reaktionen des Schmerzes, zu Fluchtbewegungen, zu Beißverhalten, Angstschreien und Abwehrreaktionen.

Die praktischen Regulationsabläufe erfordern komplizierte Regelkreise, die sich weit über die Grenzen des einzelnen Organismus bis hin in seine Umwelt erstrecken. Sie zeigen sich zum Beispiel bei einem in einem Betrieb arbeitenden Menschen. Sein Streben nach Anerkennung, Beachtung, in gewissem Maß auch seine Lust an Macht und Herrschaft oder ganz einfach an guter Arbeitsausführung zusammen mit den Furchtempfindungen, die von der Hierarchie des Unternehmens und der in ihm herrschenden Disziplin ausgehen, wirken ständig sowohl auf sein inneres Gleichgewicht als auch auf seinen Gleichgewichtszustand mit seiner unmittelbaren Umgebung ein. Streßsituationen, Ängste, Frustrationen, Freude und Lust sowie der Grad des Wohlbefindens wirken gleichermaßen ständig auf den hormonellen Pegel, die Freisetzung innerer Kräfte beeinflussen im Endeffekt unseren physischen und geistigen Gesundheitszustand.

Auf diese Weise wird der Organismus durch Signale aus der Umwelt und dem inneren Milieu ständig über den Funktionszustand seiner Organe und das innere Gleichgewicht informiert. Damit aber erhält das Gehirn die Funktion eines Kontrollzentrums dieser verschiedenartigen Signale und erscheint nicht mehr als das übergeordnete hierarchische Zentrum, in dem die Entscheidungen fallen: Es gibt in diesem Sinn keine Führungsinstanz innerhalb des menschlichen Organismus.

## Zelle

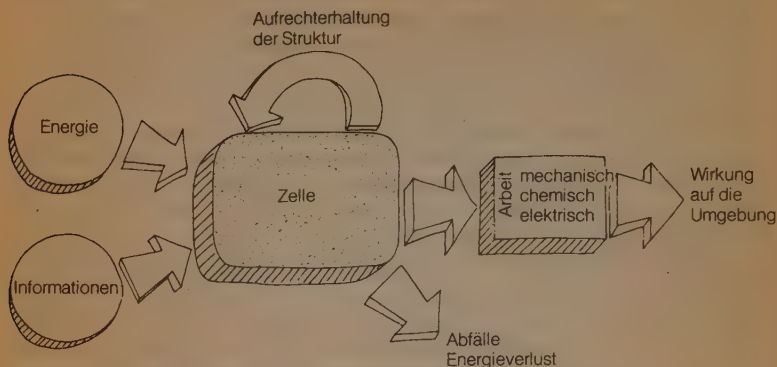
Auch im Bereich der lebenden Zelle herrscht, analog zur menschlichen Gesellschaft, ein Organismus. »Die Zelle ist eine geordnete Gemeinschaft komplizierter Moleküle«, schrieb François Jacob.

### Das Leben der Zelle

Die Zelle ist der Grundbaustein eines übergeordneten Organismus, sie regelt ihren Stoffwechsel, wächst, vermehrt sich, verrichtet Arbeit, übt im Gesamtgefüge eine spezielle Funktion aus und stirbt wieder. Selbsterhaltung und Selbstregulierung, Reproduktion und die Fähigkeit zur Entwicklung sind die charakteristischen Eigenschaften des Lebendigen.

Im Unterschied zur leblosen Materie, die stets in statischem Gleichgewicht zu ihrer Umgebung steht, erneuert sich die Zelle stets aufgrund ihres speziellen Aufbaus mit Hilfe der sie durchströmenden Energie und verschiedener Stoffe. Die Zelle erscheint als eine ungeheure, unüberschaubare Ansammlung komplizierter Moleküle, die aber ihre innere

Organisation gegen die natürliche Tendenz zur Zunahme der Unordnung, entgegen der Entropie, aufrechterhält. Die Grundlage für diese dynamische Stabilität der Zelle sind die in ihr gespeicherten genetischen Informationen.



Struktur und Funktion erscheinen damit untrennbar. Die Struktur beruht auf einer strengen räumlichen Organisation der Materie, die Funktionen lassen sich durch eine zeitlich geordnete Organisation unzähliger Elementarreaktionen charakterisieren. Die Aufrechterhaltung von Struktur und Funktionen der Zelle erfordert wiederum *Transformationsfaktoren*. Im Zellbereich wirken als solche Faktoren bestimmte Molekülgruppierungen. Sie gehören zu den Makromolekülen und lassen sich grundsätzlich in zwei verschiedene Kategorien einteilen: in *Proteine* als Konstruktionselemente oder Katalysatoren zur Kontrolle der Zelltätigkeit (Enzyme genannt) und in *Nukleinsäuren* (Ribonukleinsäure und Desoxiribonukleinsäure) als Träger der Informationen, die zum Aufbau der Proteine beziehungsweise Enzyme und zur Zellreproduktion erforderlich sind.

Grundlegend wichtig für das Zelleben sind ferner sogenannte Signalmoleküle für die zellinterne Kommunikation, Moleküle als Energieträger, einfach gebaute Kleinmoleküle als Konstruktionsbausteine, Elektronen und Elektronenträger für den Energietransfer und schließlich Wassermoleküle. Eine einzige »einfache« Bakterienzelle mit einer Länge von einem tausendstel Millimeter enthält 10 bis 100 Milliarden Wassermoleküle, die 70 Prozent der gesamten Zellmasse darstellen, 100 Millionen bis eine Milliarde Kleinmoleküle, aus denen sich nahezu 500 verschiedene chemische Verbindungen wie Zucker, Fettsäuren, Aminosäuren, Pigmente und ähnliches aufbauen, sowie 5000 bis 10 000 verschiedene Arten von Makromolekülen aus der Gruppe der Proteine und Enzyme, die insgesamt wieder eine Gesamtzahl von fünf Millionen Riesenmolekülen dar-

stellen. Aber nur eine einzige Art von Makromolekülen enthält die Informationen, die zum Aufbau all der unzähligen anderen Moleküle erforderlich sind: die Moleküle der Desoxiribonukleinsäure (der DNS).

Innerhalb der Zelle werden Moleküle zu organartigen Organisationsformen – sogenannten Organellen – gruppiert, die innerhalb der Einzelzelle vielzelligen Organen höherer Organismen entsprechen und die Wechselwirkungen sowie die Austauschfunktionen zwischen den verschiedenartigen molekularen Wirkungszentren sichern und damit die Funktionen innerhalb der Zellgemeinschaft ermöglichen. Die *Mitochondrien* sind die Zentralen für die interzelluläre Energieumsetzung. Die *Vakuolen* dienen zur Energiespeicherung und als Reservoirs. In den *Ribosomen* werden die Proteinmoleküle aufgebaut, sie entsprechen Montagewerkstätten. Im *Zellkern* sind die Informationen für die gesamte Zelltätigkeit gespeichert. Äußerst wichtige Funktionen hat schließlich die *Membran* innerhalb der Zelle, die die Grenzschicht der verschiedenartigen Organellen bildet und wichtige Informationen passieren läßt, andere sperrt, die gesamte Zelle gegen die Einwirkungen des äußeren Milieus schützt und für zahlreiche, sehr wichtige biochemische Reaktionen katalytisch wirkt.

Insgesamt kann man also die Zelle als ein selbstregulierendes System betrachten, das Energie umsetzt und fähig ist, zwischen innerem Verbrauch, zur Verfügung stehender Energie und der Produktion einen Gleichgewichtszustand aufrechtzuerhalten.

## **Zelle und Organismus**

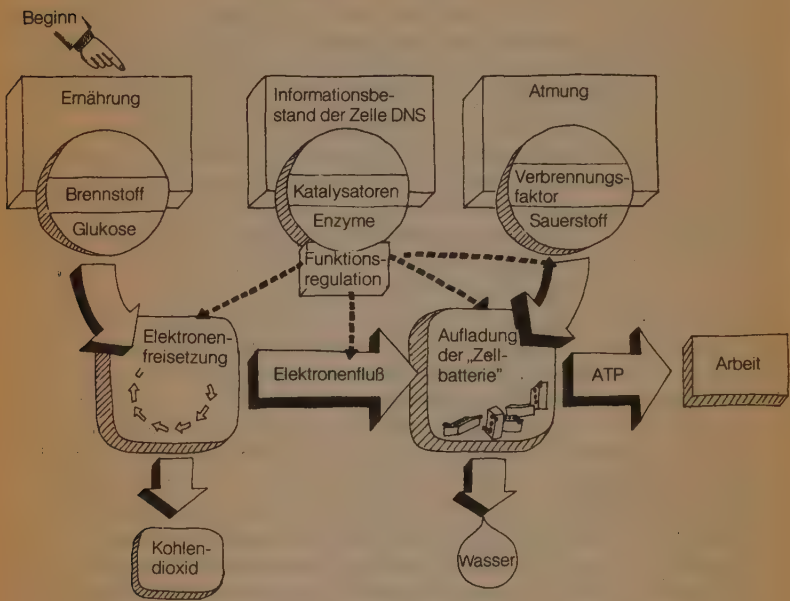
*Atmung* und *Ernährung* sind für das Leben der Einzelzelle ebenso wichtige Funktionen wie für Zellverbände, die komplexen Organismen.

Atmung ist ein Grundvorgang tierischen Lebens, sie ist Verbrennung durch Verbindung mit Sauerstoff, die in den Mitochondrien abläuft. Dabei wird aus den aufgenommenen Nährstoffen die Energie gewonnen, die zur Synthetisierung der Zellmaterialien und für sonstige Zellvorgänge sowie für die Sekretion bestimmter Substanzen, die Abgabe elektrischer Signale und besonders auch für die Zellvermehrung erforderlich ist. Atmung ist also eine sehr viel tiefergreifende Funktion als der Gasaustausch durch die Lunge, an den man meist bei dem Begriff »Atmung« zunächst denkt.

Hier ergibt sich eine Analogie zu industriellen Vorgängen: Für die Atmung ist Brennstoff, ein *Oxidator* (nämlich Luftsauerstoff) und ein *Katalysator* erforderlich.

Der wichtigste *Brennstoff* der Zelle ist Glukose. Sie wird aus der Nahrung mit Hilfe des Verdauungssystems in einer langen Umwandlungskette gebildet.

*Oxidator* ist der Luftsauerstoff. Innerhalb des Organismus wird er, gebunden an das Hämoglobin der roten Blutkörperchen, transportiert und in der die Zellen umgebenden Körperflüssigkeit freigesetzt. Als Katalysatoren wirken die Enzyme. Sie beschleunigen und steuern die Verbrennungsvorgänge und die Energienutzung. Die freigesetzte Energie liegt zunächst in Form bestimmter Elektronenzustände vor.



Endziel der Atmung ist die Wiederaufladung der Energiereservoirs, der »Batterien« der Zelle. Alles Leben beruht letztlich auf dem Energieinhalt einer bestimmten Molekülarart, die quasi wie eine tragbare Batterie wirkt und überall dort gespeichert wird, wo in der Zelle chemische, mechanische oder elektrische Arbeit geleistet werden muß. Diese Molekülarart wird Adenosintriphosphat (ATP) genannt. Durch Energieabgabe (also Entladung der »Batterie«) wird ATP in Adenosindiphosphat (ADP) umgewandelt, das heißt die Oxidationsstufe erniedrigt sich. Durch Energiezufuhr wird das ADP wieder zu ATP. Diesen Vorgang der Elektronenumsetzung kann man als »Generator«, den biochemischen Vorgang der Umwandlung von ADP in ATP als »Ladung« betrachten. Die Zeichnung oben liefert einen Überblick über diese Vorgänge. Sie zeigt in modellartiger Form



drei wichtige Aspekte der molekularen Zellfunktion, nämlich Energieumwandlung und Energienutzung, Ablaufregelung des Zellstoffwechsels mit Hilfe der Enzyme und schließlich die Funktion eines bestimmten, sehr wichtigen Enzyms, des Hämoglobins.

## Umwandlung und Nutzung der Energie in der Zelle

Die aus der Nahrung gewonnene Glukose, die Aminosäuren und Fettsäuren, sind die Grundbausteine der Zellmaterie. Aber diese Grundstoffe müssen zur Verbrennung aufbereitet werden, denn der Zellgenerator arbeitet nur mit einem ganz bestimmten, gewissermaßen raffinierten Brennstoff, den aktivierten Essigsäuremolekülen.

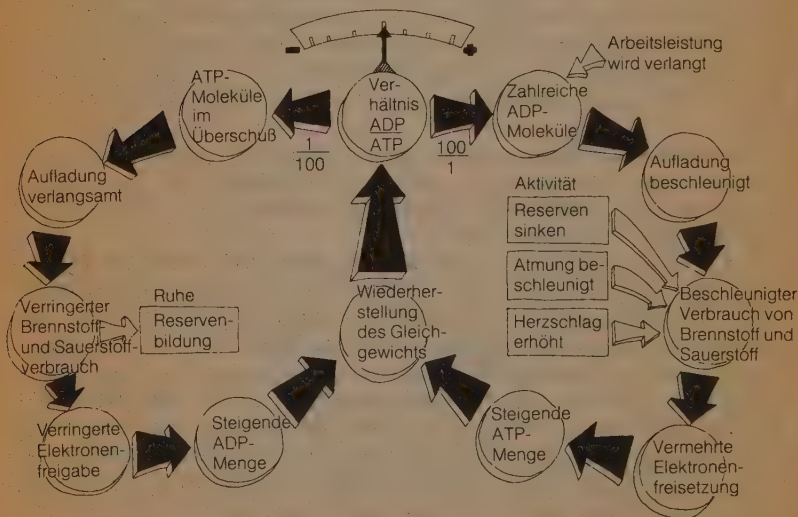
Die dafür erforderlichen Reaktionen laufen nach einer strengen Ordnung ab und bilden eine geschlossene Reaktionskette, denn die Verbrennungsrückstände werden zum Aufbau neuer aktivierter Essigsäuremoleküle benutzt und wieder in den Kreislauf eingeführt. Dieser Ernährungszyklus der Zelle wird nach seinem Entdecker, dem Nobelpreisträger für Medizin 1953, Hans Krebs, als Krebs-Zyklus bezeichnet. Dieser Zyklus ist der eigentliche Generator der energetischen Elektronenzustände. Der Elektronenfluß, der aus diesem Generator stammt, dient zur Aufladung der »Batterien« mit Hilfe einer weiteren Reaktionskette, die mit der bereits geschilderten Kette gekoppelt ist. Beide zusammen bilden die Ladungskette. Auf dem Weg durch diese Ladungskette verlieren die Elektronen mit zunächst hohem Energiezustand stufenweise ihren Energieinhalt, bis sie schließlich am Ende der Kette auf den Sauerstoff treffen, der das niedrigste Energieniveau in dieser Elektronenkaskade repräsentiert. Dieses Potentialgefälle treibt die ganze Maschinerie des Lebens an, analog einem Wasserstrom, der infolge seines Gefälles ein Mühlrad zu drehen vermag.

Wenn dem Organismus plötzlich hohe Leistung abverlangt wird, zum Beispiel durch Muskeltätigkeit bei einer Fluchtbewegung, ist der Ladungszustand der Batterien, das heißt das Verhältnis der ADP- zu den ATP-Molekülen, entscheidend.

Die Mitochondrien können als Ladestationen betrachtet werden, in denen die »Batterien« aufgeladen werden, also die Umwandlung der energiereichen ADP-Moleküle in energiereiche ATP-Moleküle stattfindet. In den Mitochondrien liegt ständig ein Vorrat an geladenen »Batterien« vor. Das Verhältnis dieser geladenen Moleküle zu den ungeladenen ist sehr niedrig und beträgt zum Beispiel 1:100. Bei Muskularbeit werden ATP-Moleküle in ADP-Moleküle umgewandelt, also entladen; das Verhältnis von ADP- zu ATP-Molekülen steigt. In den Mitochondrien laufen mehr aufzuladende ADP-Moleküle ein, der Ladungsvorgang beschleunigt sich, der Bedarf an Sauerstoff, der wieder Elektronen nachliefert, steigt.

Gleichzeitig werden größere Brennstoffmengen verbraucht und mehr Kohlendioxid-Moleküle abgeschieden. Die Konzentration an Glukose, Aminosäuren und Fettsäuren in der Plasmasubstanz der Zelle fällt, die Abfälle häufen sich. Das wirkt sich auf den gesamten Organismus aus, und die Veränderung des Gleichgewichts wird über die Detektoren an das Gehirn gemeldet und registriert. Die Lungendurchlüftung beschleunigt sich, wodurch mehr Sauerstoff nachgeliefert und mehr Kohlendioxidgas ausgeschieden wird. Auch die Herztätigkeit erhöht sich. Das Blut zirkuliert rascher und entfernt mehr Abfallstoffe. Durch Verengung beziehungsweise durch Erweiterung von Blutgefäßen wird vor allem die Durchblutung der Zentren intensiver Arbeitsleistung erhöht. Die Haut rötet sich, man schwitzt: Überschüssige Wärme wird abgegeben. Die Tätigkeit der Mitochondrien hat Auswirkungen auf den gesamten Organismus.

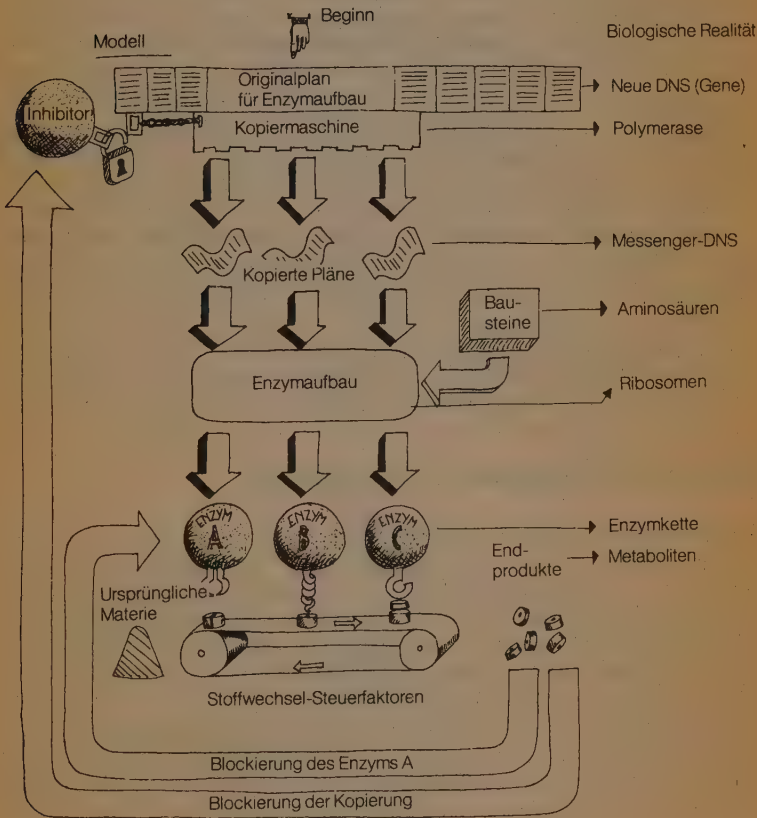
Durch die verstärkte Arbeitsleistung senkt sich die Konzentration der Glukose, der Fett- und Aminosäuren im Plasma. Dies wird vom Hypothalamus registriert und führt zu Hunger, damit Nährstoffe zur Wiederherstellung des Gleichgewichtszustandes aufgenommen werden. Hält jedoch die Anstrengung zu lange an, oder fastet man über längere Zeit, so reichen die gespeicherten Glukosemengen und andere Energiereserven nicht mehr aus. Der Körper baut dann seine Bestände an Aminosäuren und Proteinen, aus denen die Zellgewebe bestehen, zur Energiegewinnung ab: Jetzt werden »Möbel« und »Wandverschalungen« zur Raumheizung ver-



brannt. Wenn jedoch mehr als 40 Prozent der Körpermasse auf diese Weise verheizt werden, wird es lebensgefährlich. Über einen bestimmten Grenzwert hinaus läßt sich das Gleichgewicht nicht aufrechterhalten, die Schäden sind dann nicht mehr zu beheben.

## Die biologische Regelung durch Enzyme

Zur Beschleunigung oder Verlangsamung der Stoffwechselprozesse, die mit Hilfe von Enzymketten ablaufen, verfügt die Zelle über eine sehr einfache und äußerst wirksame Regulation. Wenn man die Wirkungskette der Enzyme mit den verschiedenartigen Werkzeugmaschinen eines Pro-



duktionsbandes vergleicht, so erfolgt eine Erniedrigung der Produktionsgeschwindigkeit einfach durch Bremsung der ersten Maschine im Band, von deren Arbeitsgeschwindigkeit alle anderen Maschinen derselben Kette abhängig sind. Entsprechend wird die Produktion dadurch beschleunigt, daß in jeder Produktionskette die Zahl gleichartiger Arbeitsmaschinen erhöht wird oder parallel zusätzliche und gleichartige Produktionsketten in Betrieb genommen werden.

Letztlich beruht also die Kontrolle der Zelltätigkeit auf der Synthese oder der Blockierung der Synthese von Enzymen. Die Synthese erfolgt jedoch in den Synthesezentren der Zelle. Die gespeicherten Informationen für die Synthese, die Baupläne für alle speziellen Enzyme, die die Zelle benötigt, verbleiben immer im Zellkern unter Verschuß; sie werden niemals »ausgeliehen«. Um die Synthese eines bestimmten Enzyms zu stoppen, werden lediglich vom Zellkern keine »Kopien« des Bauplans für das betreffende Enzym mehr ausgeliefert. Dafür gibt es im Bereich des Zellkerns sogenannte Blockierungsmoleküle. Sie reagieren auf spezifische Signale zur Blockierung oder Freigabe von Synthesep länen für bestimmte Enzyme entsprechend einer vorgegebenen Funktion. Als »Signal« wirkt im allgemeinen ein Kleinmolekül, das sich auf dem Blockierungsmolekül festsetzt und es damit aktivieren oder deaktivieren kann.

Wiederum haben wir es hier also mit Molekülen als Signalträgern zu tun, auf denen ein großer Teil der in den Zellen und den Organismen umlaufenden Informationen beruhen. Die Funktion dieser Blockierungsmoleküle ist nur möglich, weil die Molekülsäuren, die Proteine und die Regulationsmoleküle die Fähigkeit besitzen, die Signalmoleküle zu »erkennen«.

Grundsätzlich wirkt als Erkennungsmerkmal hierbei die Aufbauform der jeweiligen Moleküle, ihre Morphologie; sie bildet den Code, auf dem ausnahmslos die interne Information beruht.

### **Beispiel einer Enzymfunktion: Das Hämoglobin**

Hämoglobin ist ein ganz ungewöhnlicher Stoff, in gewissem Sinn eine »Moleküllunge«, denn es hat die Aufgabe, den Sauerstoff aus den Lungen über die Arterien und Kapillaren des Blutkreislaufs in das Gewebe zu transportieren. Umgekehrt muß das Hämoglobin Kohlendioxid beim Rückfluß über die Venen in die Lungen abtransportieren. Das arterielle, sauerstoffreiche Blut ist hellrot, das sauerstoffarme, venöse und mit Kohlendioxid angereicherte Blut ist dunkelrot.

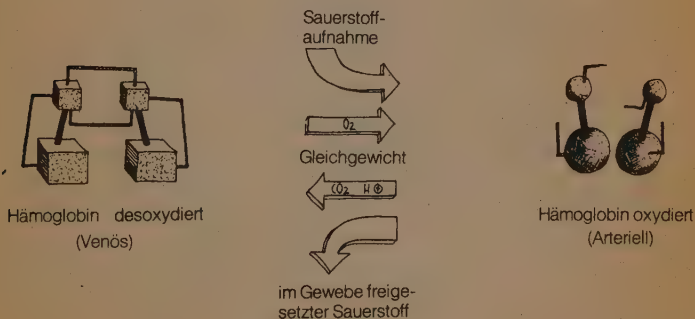
Das Hämoglobin muß also nicht nur fähig sein, Sauerstoff aufzunehmen, sondern es muß ihn auch ebenso leicht wieder abgeben, damit er nicht wieder in die Lungen zurücktransportiert wird. Die Eigenschaften aller Enzyme sind abhängig von ihrer Molekularstruktur, auch die des Hämoglobins.



globins. Strukturell besteht das Hämoglobin-Molekül aus vier Protein-Blöcken, die selbst Aminosäureketten darstellen, wobei jeder Block wieder durch Molekularkräfte an die anderen Blöcke gebunden ist. An jedem Block findet sich ein großes, flächenhaftes Molekül, das ein Pigment darstellt, dem Blut die rote Farbe verleiht und ein Eisenatom als Aktionszentrum besitzt, das sogenannte Haem. Jedes Haem-Pigment kann ein Sauerstoffmolekül binden. Da das gesamte Hämoglobinmolekül vier solcher Pigmente besitzt, ist es in der Lage, jeweils vier Sauerstoffmoleküle aufzunehmen. Zur Sauerstoffaufnahme in der Lunge werden die Molekularkräfte, die die Klammern zwischen den vier Blöcken bilden, gelockert.

Dieser Vorgang beruht auf der Eigenschaft des Eisenmoleküls, in Gegenwart von Sauerstoff seinen Durchmesser um ungefähr 13 Prozent zu verringern. Diese Durchmesserreduzierung ermöglicht es dem Sauerstoff, sich leicht in dem Flächenmolekül festzusetzen. Gefördert wird diese Festsetzung durch die Art der Bindung des Eisens, die wie ein Feder- und Hebelwerk funktioniert. Die bei der Durchmesserreduzierung des Eisenmoleküls aufbrechenden Molekülverbindungen bewirken die Lösung von einer Klammer, die einen Block des Hämoglobins mit den anderen Blöcken verbindet. Diese aufbrechende Verbindungsklammer erlaubt die Festsetzung eines weiteren Sauerstoffmoleküls an den zweiten Block und so weiter.

Umgekehrt gibt das Hämoglobin im Zellgewebe seinen Sauerstoff über eine gleichartige Kettenreaktion ab; wenn erst ein Sauerstoffmolekül freigegeben ist, werden die weiteren gebundenen Moleküle um so leichter entlassen. Deshalb befördert das Hämoglobin den Sauerstoff nur in einer Richtung aus den Lungen in das Gewebe. Im Gesamtorganismus gibt es damit einen Gleichgewichtszustand zwischen zwei Zustandsformen des Hämoglobins, der reduzierten Zustandsform (also ohne gebundenen Sauerstoff, links) und der oxidierten Zustandsform (rechts, siehe Zeichnung unten).



Die Stabilisierung in reduzierter Zustandsform ermöglicht die Freisetzung von mehr Sauerstoff und verschiebt das Gleichgewicht in dieser Richtung. Als Signalregulatoren für die Sauerstofffreisetzung wirken die im Zellgewebe entstehenden Abbaustoffe der Zelltätigkeit, nämlich die Kohlendioxidmoleküle und die sauer wirkenden Wasserstoffionen ( $H^+$ , siehe Seite 66). Jetzt wird verständlich, warum wir bei körperlichen Anstrengungen, durch die ja in den Zellen mehr Abfallstoffe entstehen, auch schneller atmen müssen.

Die Aktivität des Hämoglobins beruht also auf der Veränderung seiner räumlichen Konfiguration, die durch Regulationssignale ausgelöst wird. Diese Konfigurationsveränderung bildet die Funktionsgrundlage der überwältigenden Mehrzahl aller Enzyme, nicht nur die des Hämoglobins. Allerdings ist unsere Schilderung in diesem Kapitel sehr unvollständig. Betrachtet man die Zeichnung auf Seite 66, sieht man, daß das System nicht geschlossen ist; einige Pfeile kommen aus dem Nichts und führen ins Nichts, zum Beispiel kommen die Nahrungsmittel und damit die Glukose von außerhalb des Systems, und das Kohlendioxid geht nach außerhalb, ebenso verhält es sich mit dem durch die Atmung aufgenommenen Sauerstoff, der zu Wasser wird. Um den Kreislauf überhaupt schließen zu können, fehlt in dem aufgezeichneten System auf Seite 66 ein sehr wichtiges Kettenglied, nämlich die pflanzliche Zelle, die bei der Photosynthese mit Hilfe der Sonnenenergie aus freigesetztem Kohlendioxid und aus Wasser energiereiche Glukose aufbaut. Gleichzeitig setzt sie den für die Atmung notwendigen Sauerstoff in die Atmosphäre frei. Der Systemkreislauf schließt sich also über das Ökosystem und über die Sonnenenergie im ganzen.

# Die Systemrevolution – Eine neue Kultur

## Geschichtlicher Überblick über eine globale Betrachtungsweise

### Die Synthese zum tieferen Verständnis

Wichtige Begriffe treten in den verschiedenen biologischen, ökologischen und ökonomischen Modellen, von denen wir bereits gesprochen haben, immer wieder auf: die Energie und die Energienutzung, Flußgrößen, Kreisläufe und Reservemengen, Kommunikationsnetze, Katalisatoren und Transformationsfaktoren, Gleichgewichtsverschiebungen, Stabilität, Wachstum und Evolution. Die Bezeichnung »System« ist dabei immer der alles umfassende Überbegriff.

Alle diese Begriffe lassen sich nun ebensogut auf die Einzelzellen wie auf die Wirtschaft, auf einen Betrieb wie auf die Ökologie anwenden. Die möglichen Analogien und das gemeinsame Vokabular deuten bereits an, daß es offensichtlich einen allgemeinen Ansatz gibt, der es erlaubt, komplexe Organisationsformen besser zu verstehen und zu beschreiben. Dieser Ansatz wurde in den letzten 30 Jahren entwickelt und aus sehr unterschiedlichen Disziplinen wie der Biologie, der Informationstheorie, der Kybernetik und der Systemtheorie gefördert. Es handelt sich hier nicht um völlig neuartige Entdeckungen. Neu ist bei diesem Gedankengang aber die zusammenfassende Betrachtung der gleichartigen Erscheinungen in sehr verschiedenen Disziplinen. Man nennt diese interdisziplinäre Denkungsweise *Systemdynamik*. Sie ist keine neue Wissenschaft, keine neue Theorie und auf keinen Fall gar eine Disziplin, sondern eine neuartige Methodologie, die es ermöglicht, vorhandenes Einzelwissen zusammenzufassen und organisch zu betrachten und daraus Aktionen mit größerem Wirkungsgrad zu entwickeln. Im Gegensatz zur analytischen Denkungsweise umfaßt das Denken in Systemen die Gesamtheit aller Elemente und die zwischen ihnen bestehenden Wechselwirkungen in dem jeweils betrachteten System.

Der Begriff »System« ist aber recht vage und so vieldeutig, daß er heute auf zahlreichen Gebieten genutzt wird, weil sich mit ihm »Vereinheitli-

chung« und Integration ausdrücken läßt. Nach der üblichen Definition ist ein System »die Gesamtheit von Elementen, die miteinander in Wechselwirkung stehen«. Damit sind zum Beispiel Städte, Zellen, Organismen, aber auch Kraftwagen, Elektronenrechner und Waschmaschinen Systeme. Ganz offensichtlich ist diese Definition viel zu allgemein, um etwas mit ihr anfangen zu können. Es gibt jedoch keine befriedigende Definition des Begriffs *System*. Ein bestimmtes System läßt sich daher nur durch die genaue Angabe seiner Grenzen und seines Wirkungsbereiches eindeutig schildern. Grundsätzlich geht es beim Systemdenken darum, Invarianten aufzufinden, das heißt generelle Grundprinzipien, Strukturen und Funktionen, die man sowohl auf ein System wie auch auf ein anderes verwenden kann. Entsprechend dieser Prinzipien wird es möglich, das Wissensgut in Form von Modellen niederzulegen, die leicht durchschaubar sind. Modelle dieser Art dienen zur genauen Betrachtung und zum Studium von Handlungsabläufen. Der Begriff des Systems hat also zwei sich ergänzende Aspekte: Er ermöglicht Organisation des Wissensstandes und wirksamere Handlungsweise. Es ist wichtig, diesen Systemansatz gegenüber anderen Ansätzen abzugrenzen, mit denen er ständig verwechselt wird. Unser Systemansatz geht über den Ansatz der Kybernetik (N. Wiener, 1948) hinaus, dessen Hauptziel die Aufklärung der Regulationsmechanismen bei lebenden Organismen und Maschinen ist. Er unterscheidet sich von der allgemeinen Theorie der Systeme (L. von Bertalanffy, 1954), deren Ziel die mathematische Beschreibung der Gesamtheit der natürlichen Systeme ist.

Gleicherweise unterscheidet er sich auch von der Systemanalyse, die nichts weiter ist als ein Hilfsmittel des Systemansatzes in unserem Sinn. Entsprechend ihrer Bezeichnung, hat sie die Analyse ihres Systems in ihre Elemente und ihren elementaren Wechselwirkungen zum Ziel. Unser Systemansatz hat letztlich auch nichts mit der Problembehandlung in Form aufeinanderfolgender Entwicklungsschritte in linearer Folge zu tun. Um unseren Systemansatz klar faßbar zu machen, soll zunächst die Entstehung der grundlegenden Gedankengänge und deren Entwicklung beschrieben werden.

## **Das neue Hilfsmittel**

Das gedankliche Konzept ist gleichzeitig analytisch und synthetisch, detailliert und umfassend. Es stützt sich auf reelle Tatsachen und Details, erforscht aber gleichzeitig die Integrationsfaktoren, die katalytischen Elemente der Erfindungs- und Vorstellungskraft. Die Vielfältigkeit von Erscheinungsformen und das Verhalten von großen Massen wie Atomen, Molekülen und individuellen Lebewesen ist nur möglich, wenn man die Gesetzmäßigkeiten dieser komplexen Erscheinungen erfaßt.

Die Wahrscheinlichkeitstheorie, die kinetische Theorie der Gase, die Thermodynamik, die Bevölkerungsstatistik beruhen letzten Endes auf idealisierten, irrealen Idealvorgängen. Dennoch machen sie es möglich, eine Vielzahl reeller Erscheinungen genau zu beschreiben, wie zum Beispiel die Angabe, daß die durchschnittliche deutsche Frau 2,14 Kinder besitze, obwohl es so eine Frau ganz sicherlich nicht gibt. Im gleichen Sinn gibt es keine »idealen Gase«, keine im echten Sinn »reversiblen« Reaktionen, und niemals läuft letzten Endes ein natürlicher Vorgang so rein und perfekt ab, wie wir ihn uns vorstellen wollen. Im Gegenteil, in der Biologie und in der Soziologie sind die Vorgänge irreversibel. Die Wechselwirkung zwischen den Elementen ist ebenso wichtig, wie die Elemente es selbst sind. Man erfaßt deshalb immer nur einen Teil der Realität, selbst wenn man diese Elemente so genau wie nur irgend möglich beschreibt. Die Wechselwirkung aber ist ein sich ständig verändernder Vorgang, der statisch nicht beschreibbar ist. Man braucht deshalb neue Hilfsmittel, um die Komplexität und ihre Organisationsformen, die gegenseitige Abhängigkeit und die Regulierung zu erfassen.

### **Von der Kybernetik zur Gesellschaft**

Diese neuen Hilfsmittel sind nach 1940 in den USA entstanden. Maßgebend bei dieser Entwicklung war das Massachusetts Institute of Technology, bekannt auch unter der Abkürzung MIT. In drei Entwicklungsetappen von je etwa zehnjähriger Dauer kam es am MIT von der Erarbeitung der kybernetischen Gedankengänge zu einem Ereignis von höchster Aktualität, den Debatten über die »Grenzen des Wachstums«. Jeder dieser Entwicklungsabschnitte ist charakterisiert durch Gedankengänge über Analogien zwischen Maschinen, Organismen und der Gesellschaft. Dabei wurden Methoden entwickelt und Terminologien geboren, die auf ihre Weise Zugang zu völlig unerforschten Gebieten ermöglichten.

In den ersten Jahrzehnten nach 1940 zeigte sich eine Rückwirkung von Maschinen auf Organismen, die mit dem Begriff der Rückkopplung und dem der zielsuchenden Entwicklung erfaßt wurde und Ausblicke auf Automation und Information eröffnete.

Das Jahrzehnt nach 1950 kennzeichnet die Anwendung von Begriffen des Organischen auf die Maschine und auf die Einwirkung der Begriffe wie des Gedächtnisses bzw. des Speichers, der Formenerkennung, des Lernverhaltens, der Bionik, des künstlichen Gedächtnisses und der Selbststeuerungsprozesse, aber auch die Übertragung von Begriffen aus der Maschinenwelt auf den organischen Bereich, wodurch Fortschritte in der Neurologie, der Sinnes- und Erkenntnisfunktion beschleunigt wurden. Schließlich wurde dann nach 1960 am MIT die Kybernetik zur Systemtheorie der Unternehmen, der Gesellschaft und der Ökologie entwickelt.



Drei Männer verdienen in diesem Zusammenhang besondere Erwähnung: der Mathematiker Norbert Wiener, gestorben 1964, der Neurophysiologe Warren Mc. Culloch, gestorben 1969, und Jay Forrester, Professor der Sloan School of Management am MIT.

Selbstverständlich haben auch andere Forscher und Forschungsteams an anderen Universitäten in den USA und auch anderswo zur Weiterentwicklung der Kybernetik und Systemtheorie beigetragen, und es soll hier nicht entschieden werden, ob ihre jeweilige Bedeutung die der Mannschaft des MIT übertrifft.

## **Maschinenintelligenz**

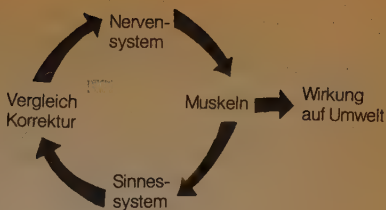
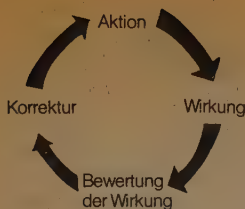
Norbert Wiener, der von 1919 an am MIT Mathematik lehrte, wurde bald nach seinem Eintritt in das Institut mit dem Neurophysiologen Arturo Rosenblueth bekannt, der an der Harvard Medical School tätig und ein ehemaliger Mitarbeiter von Walter B. Cannon war: Zwanzig Jahre später sollten sie die Kybernetik begründen. Zusammen mit Wiener schuf Rosenblueth kleine interdisziplinäre Forschungsgruppen, deren Ziel die Aufklärung des Niemandslands zwischen den etablierten Wissenschaftsdisziplinen war.

1940 arbeitete Wiener mit dem jungen Ingenieur Julian H. Bigelow an der Entwicklung automatischer Zielverfolgungsgeräte für Flugabwehrgeschütze.

Solche Geräte sollen die Flugbahn eines Luftziels aus den Bahnelementen der bereits zurückgelegten Flugbahn vorausbestimmen und entsprechend die Geschütze richten. Bei ihrer Arbeit stießen Wiener und Bigelow auf zwei äußerst interessante Erscheinungen: ein scheinbares, »intelligentes Verhalten« des betreffenden Geräts und auf Erscheinungen von »Erkrankungen«, die es befallen können.

Das Intelligenzverhalten zeigte sich durch die Nutzung der »Erfahrung« (nüchterner gesprochen, durch die Registrierung vergangener Ereignisse) und durch »Vorsorge für die Zukunft«, nämlich Berechnung des zukünftigen Standorts des Flugapparats. Als »Krankheiten« äußerten sich Fehlfunktionen: Wenn man versuchte, die Reibung herabzusetzen, verfiel das System in unkontrollierte Schwingungen. Von diesen Erscheinungen beeindruckt, fragte Wiener Rosenblueth, ob man ähnliches auch bei Menschen beobachte. Er konnte das bejahen, denn: bei bestimmten Schäden des Kleinhirns ist der Patient nicht in der Lage, ein Glas mit Wasser an seine Lippen zu führen, denn die dazu erforderlichen Muskelbewegungen werden infolge fehlender Koordination so übertrieben stark, daß das Wasser schließlich verschüttet wird.

Wiener folgerte daraus, daß zur Ausführung einer zielgerichteten, kontrollierten Aktion der erforderliche Informationsablauf dadurch kontrol-



liert werden muß, daß ein »geschlossener Kreislauf besteht, der es ermöglicht, die Auswirkungen der ablaufenden Vorgänge auszuwerten und die jeweiligen Folgebewegungen – entsprechend den bereits erfolgten Bewegungen – zu regulieren«. Das aber wiederum ist charakteristisch für die Funktion aller Zielautomatiken, ebenso für das Nervensystem, das die Muskelbewegung entsprechend der Wirkungen, die von den Sinnen über das Gehirn gemeldet werden, steuert.

Wiener und Bigelow hatten damit den Informationskreislauf entdeckt, der zur Korrektur jeder Handlung erforderlich ist, den Kreislauf mit *negativer Rückkopplung*. Gleichzeitig registrierte man, daß diese negative Rückkopplung bei Organismen wie bei Maschinen gleichartig wirkt.

Zur damaligen Zeit organisierten sich die interdisziplinären Forschergruppen um Rosenblueth, deren Ziel es war, das Verhalten lebender Organismen auf die Konstruktion selbstgesteuerter Mechanismen anzuwenden und umgekehrt solche Mechanismen unter dem Gesichtspunkt physiologischer Erfahrungen zu betrachten. 1942 organisierten sie ihr erstes Seminar am Institute For Advanced Studies in Princeton. Mathematiker, Physiologen und Ingenieure für Maschinenbau und Elektronik nahmen daran teil. Nach diesem ersten Erfolg kam es zu einer Serie von sechs weiteren Seminaren der Josiah Macy Foundation. Auch Warren McCulloch, ein Mitarbeiter Rosenblueths, nahm an diesen Seminaren teil. Er sollte bei der Weiterentwicklung der noch jungen Wissenschaft der Kybernetik eine bedeutende Rolle spielen. 1948 erschienen zwei grundlegende Publikationen: das Buch von Norbert Wiener über Kybernetik mit dem Untertitel »Regulation und Kommunikation bei Tier und Maschine« sowie die mathematische »Theorie der Information« von Claude Shannon und Warren Weaver, dem Begründer der Informationstheorie.

## Kopie lebender Organismen

Die Gedankengänge von Wiener, Bigelow und Rosenblueth verbreiteten sich unter Wissenschaftlern wie ein Lauffeuer. In den Vereinigten Staaten wie auch in der übrigen Welt bildeten sich neue Forschergruppen.

Die Seminare der Josiah Macy Foundation wurden fortgesetzt und widmeten sich weiteren Wissenschaftsdisziplinen, zum Beispiel der Anthropologie unter Margaret Mead und der Wirtschaft unter Oskar Morgenstern. Von Margaret Mead wurde Wiener angeregt, seine Gedankengänge auf die gesamte Gesellschaft zu übertragen. Warren McCulloch, damals Direktor des Instituts für Neuropsychiatrie der Universität von Illinois, übte zu dieser Zeit jedoch den nachhaltigsten Einfluß aus. Die Arbeit seines Forscherteams über die Organisation des Cortex und besonders seine Gespräche mit Walter Pitts, einem hervorragenden 22jährigen Mathematiker, sind der Beginn eines tieferen Verständnisses des Gehirnmechanismus und seiner maschinellen Simulationsmöglichkeiten, die wiederum zur Kooperation mit zahlreichen weiteren Disziplinen führten. McCulloch wandte sich von der Neurophysiologie der Mathematik und von der Mathematik den Ingenieurwissenschaften zu.

Walter Pitts wurde einer der Schüler von Norbert Wiener und trug dazu bei, dessen Gedankengänge McCulloch zu vermitteln. Ihm gelang es auch, McCulloch mitsamt seinem Stab von Physiologen 1952 an das MIT zu binden.

Eine Forschergruppe nach der anderen begann nun, ohne Beachtung wissenschaftlicher Fachgrenzen den Wortschatz des Ingenieurwesens und der Physiologie zu gebrauchen. Nach und nach bildete sich so die Grundlage der kybernetischen Diktion: Lernverhalten, Regulation, Adaption, Selbstorganisation, Perzeption, Gedächtnis und ähnliches. Von den Gedankengängen Bigelows beeinflusst, entwickelte McCulloch mit Louis Sutro in den Laboratorien des MIT eine künstliche Netzhaut. Die theoretische Grundlage hierfür stammte aus seinen Forschungsarbeiten über das Froschauge, die er zusammen mit Lettvin, Maturana und Pitts 1959 durchgeführt hatte. Die Notwendigkeit, maschinelle Apparate bestimmte, den Organismen zugeordnete Funktionen ausführen zu lassen, führte umgekehrt wieder zu einer Befruchtung der Kenntnisse über die Gehirnmechanismen. In den Arbeiten über die *künstliche Intelligenz* und über Roboter finden wir die Anfänge der *Bionik*.

Gleichzeitig mit den Arbeiten der Forschergruppen um Wiener und McCulloch am MIT versuchte eine andere Forschergruppe, die »Gesellschaft für Allgemeine Systemforschung«, die 1954 von dem Biologen Ludwig von Bertalanffy gegründet worden war, die Kybernetik auf die Systeme im allgemeinen anzuwenden. Zahlreiche Forscher konnten dafür gewonnen werden, so unter anderem der Mathematiker A. Rapoport, der Biologe W. Ross Ashby, der Biophysiker N. Rashevsky, der Wirtschaftswissenschaftler K. Boulding. Sie beeinflussten tiefgreifend alle, die versuchten, den Ansatz der Kybernetik auf soziale Systeme und besonders auch auf Wirtschaftsunternehmen anzuwenden.

## Dynamik industrieller Unternehmen und Weltmodelle

In den fünfziger Jahren wurde ein Forschungswerkzeug entwickelt, das es ermöglicht, komplexe Systeme unter einem vollständig neuartigen Gesichtspunkt zu betrachten und zu untersuchen: der Elektronenrechner. Die Vorläufer dieser Art waren 1946 der ENIAC, der EDVAC oder EDSAC aus dem Jahr 1947, mit Röhren bestückte Rechner für wissenschaftlich-mathematische Aufgaben. 1951 wurde am MIT aber ein noch sehr viel rascher arbeitendes Gerät, der Wirlwind II, konstruiert. Dieses Gerät war erstmals mit einem Magnetbandspeicher extrem kurzer Zugriffszeit ausgerüstet, der von einem jungen Ingenieur am Laboratorium für Servomechanismen entwickelt worden war: von Jay W. Forrester.

Als Chef des Lincoln-Laboratoriums wurde Forrester 1952 von der amerikanischen Luftwaffe beauftragt, ein Vorwarn- und Verteidigungssystem (SAGE-System) auszuarbeiten, in das zum erstenmal Radargeräte und Rechner einbezogen wurden. Aufgabe war die Erkennung und die Abwehr eines möglichen Angriffs auf das amerikanische Territorium durch Fernraketen. Forrester realisierte dabei die Bedeutung des Systemansatzes durch die Konzeption einer kontrollierten, komplexen Organisation, so integriert, daß es möglich war, lebenswichtige Entscheidungen in dem Maß und in der Folge zu treffen, wie Informationen eingingen.

Später wurde Forrester Professor der Sloan School of Management am MIT und begründete dort im Jahr 1961 die »Dynamik industrieller Vorgänge« (*Industrial dynamics*). Wirtschaftsunternehmen wurden dabei als kybernetische Systeme mit dem Ziel betrachtet, ihr Verhalten mit Hilfe mathematischer Modelle simulieren und damit Entwicklungen voraussagen zu können.

Später, im Jahr 1964, wurde Forrester mit den Problemen des Wachstums und den Degenerationerscheinungen in den Städten konfrontiert und entwickelte aus der »Dynamik industrieller Vorgänge« die »Dynamik der städtischen Systeme« (*Urban dynamics*). Schließlich gelang es ihm 1971, die in der industriellen und städtischen Dynamik aufgefundenen Grundercheinungen in allgemeingültige Gesetze zu fassen, so daß er als vollständig neuartige Disziplin die *Systemdynamik* begründen konnte. Die diesbezügliche Arbeit, die ein mathematisches Weltmodell umfaßte, wurde als *World dynamics* veröffentlicht (deutsch: »Der teuflische Regelkreis«, Stuttgart, Deutsche Verlags-Anstalt 1971). Diese Arbeit bildete die Grundlage für die Trendanalyse von Dennis H. Meadows und seines Teams über die Grenzen des Wachstums (deutsch: »Die Grenzen des Wachstums«, Stuttgart, Deutsche Verlags-Anstalt 1972).

Die Forschungsarbeiten zu den beiden letzteren Veröffentlichungen wurden vom *Club of Rome* finanziert und haben weltweite Aufmerksamkeit gefunden. Es sind *Berichte des MIT* und des *Club of Rome* (»Die Grenzen des Wachstums« ist beispielsweise ein »Bericht des Club of Rome«).



# Was ist ein System?

## Die Kunst der Menschenführung

Kybernetik und Systemtheorie sind die Grundlagen des Systemansatzes, der Systemdynamik. Die Kybernetik ist die Lehre von den Regulationsmechanismen und den Wechselwirkungen zwischen Lebewesen und den von Menschen geschaffenen Maschinen. Einer der ersten kybernetischen Mechanismen war der im Jahr 1788 von James Watt und Matthew Boulton erfundene Fliehkraftregler zur automatischen Geschwindigkeitsregelung von Dampfmaschinen. Die Kybernetik hat im wesentlichen die gleiche Funktion wie eine Regierung: Beide dienen der Beeinflussung und Steuerung sehr komplexer Systeme.

Die umfassendste Definition des Begriffs »System« lautet: »Ein System ist eine Vielzahl von Elementen, die miteinander in dynamischer Wechselwirkung stehen, die eine zielgerichtete Organisation aufweist.«

Überraschen mag bei dieser Definition der Begriff der Zielrichtung und die damit ausgesprochene Finalität des Systems. Auf die vom Menschen geschaffene Maschine angewandt, ist die Finalität oder Tatsache, daß sie einem bestimmten Zweck dient, eine verständliche Eigenschaft. Aber was läßt sich über die Finalität eines Systems, wie etwa der Zelle, sagen? Der »Zweck« einer Zelle ist nicht geheimnisvoll, denn sie verfolgt überhaupt keinen bestimmten Plan. Ihr Sinn bestätigt sich a posteriori – es ist kurzerhand die Aufrechterhaltung ihrer Struktur und die Zellteilung, also die Fortpflanzung.

Dasselbe gilt auch für das Ökosystem. Seine Finalität besteht in der Aufrechterhaltung seines Gleichgewichts, die die Entwicklung des Lebens ermöglicht. Niemand hat den Sauerstoffgehalt der Luft, die mittlere Temperatur an der Erdoberfläche und die chemische Zusammensetzung der Wassermassen in den Ozeanen festgelegt. Dennoch halten sich die entsprechenden Werte in sehr engen Grenzen.

Aber die genannte Definition ist viel zu allgemein, als daß man aus ihr Nutzen ziehen könnte. Sie bietet keine Erklärung für solch verschwommene Bezeichnungen wie etwa »politisches System«, »Informationssystem« oder »Transportsystem«. Wichtiger als Definitionen scheint mir die Klärung des Begriffs »System« dadurch zu sein, daß man so allgemein wie möglich die wichtigsten Eigenschaften von Systemen beschreibt.\*

---

\* Ich behandle hier ausschließlich Systeme hoher Komplexität, wie lebendige, soziale oder ökologische Systeme, nicht aber »konzeptionelle Systeme« und mechanische, durch den Menschen gesteuerte Systeme.

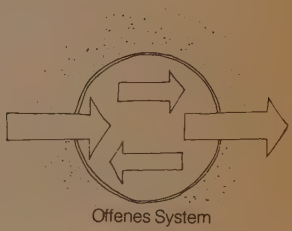
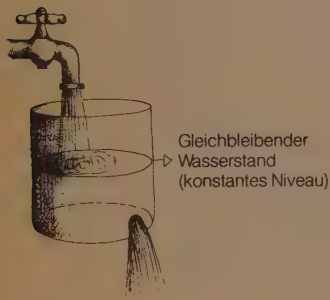


**Offen und komplex**

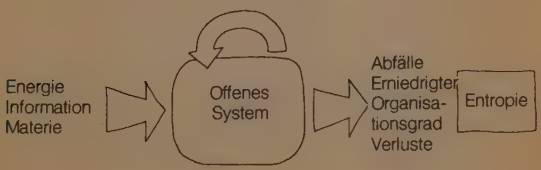
*Ein offenes System* steht mit seiner Umgebung in ständiger Wechselwirkung (im weitesten Sinn also mit dem Ökosystem). Das System tauscht Energie, Materie und Informationen aus, die es, um nicht zu zerfallen, zur Aufrechterhaltung seiner Organisation nutzt. Auf die Umwelt wirkt es entropie-steigernd, denn es gibt genutzte und gleichmäßig verteilte Energie als Abwärme ab.

Infolge des Energieflusses durch das System und trotz der Zunahme der Entropie in der Umwelt des Systems hält das System seine innere Entropie auf einem relativ niedrigen Stand. Mit anderen Worten heißt das, daß das System seine Organisation aufrechterhält (denn höhere Entropie bedeutet höherer Grad von Disorganisation, Anmerkung des Übersetzers). Offene Systeme haben also die Fähigkeit, lokal den Entropiegrad zu erniedrigen und sich gleichzeitig zu einem höheren Grad von Komplexität weiterzuentwickeln.

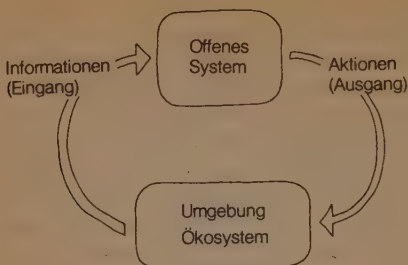
Ein offenes System gleicht daher einem Gefäß, in das ständig ebenso viel Wasser hineinfließt, wie herausläuft; der Wasserstand bleibt deshalb in gleicher Höhe, obwohl ständig Wasser durch das Gefäß fließt.



Die Allgemeingültigkeit und die Bedeutung des Begriffs des offenen Systems unterstreiche ich dadurch, daß ich dieselbe Art der schematischen Darstellung wähle, die ich auch für die Darstellung von Unternehmen,

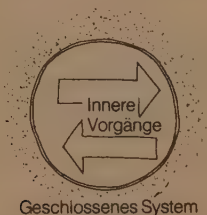


von Städten, der Organisation und der Zelle benutzte. Außerdem darf niemals vergessen werden, daß ein offenes System und das Ökosystem (die Umgebung) in ständiger Wechselwirkung stehen; das *eine* beeinflusst das *andere* und *umgekehrt*.



*Ein geschlossenes System* tauscht weder Energie noch Materie und Informationen mit seiner Umgebung aus: Es ist gegen die äußere Welt vollkommen abgekapselt. Es funktioniert durch Nutzung seiner inneren Energiereserven. Im Verlauf der hier stattfindenden Reaktionen steigt in so einem System die Entropie irreversibel, das heißt, die Entropiezunahme ist nicht rückgängig zu machen. Sobald das thermodynamische Gleichgewicht erreicht ist, hat die Entropie ihren Maximalwert; in dem betreffenden System findet dann keine Arbeitsleistung mehr statt; kein Vorgang kann mehr ablaufen.

Die klassische Thermodynamik befaßt sich zwar nur mit geschlossenen Systemen; aber solche Systeme sind physikalische Abstraktionen, geschaffen durch gedankliche Vereinfachung, um die physikalisch-chemischen Grundgesetze klar erfassen und formulieren zu können.



Nun zum Begriff der *Komplexität*. Sie bezeichnet die Zahl der einzelnen Elemente und die zwischen ihnen bestehenden Wechselwirkungen in einem System. Ein Gas zum Beispiel ist ein sehr einfaches System, denn es

besteht aus völlig gleichartigen Elementen (zum Beispiel aus Sauerstoffmolekülen), die nicht organisiert sind und zwischen denen nur sehr schwache Wechselwirkungen bestehen. Im Gegensatz dazu stellt eine Zelle ein sehr komplexes System dar, denn sie umfaßt eine ungeheure Vielfalt organisierter Einzelelemente, die in sehr vielfältiger und enger Wechselwirkung zueinander stehen. Man kann daher die Bezeichnung Komplexität durch folgende Punkte charakterisieren:

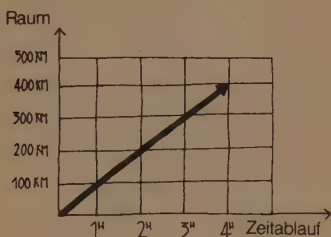
Ein komplexes System setzt sich aus sehr vielen, *verschiedenartigen* Elementen zusammen, oder die Elemente haben verschiedenartige, sehr spezielle Funktionen.

Die Elemente sind auf *Ebenen* einer »internen Hierarchie« organisiert (im menschlichen Körper zum Beispiel sind Stufen dieser Hierarchie von unten nach oben die einzelnen Zellen, dann die Organe und dann Organsysteme).

Die verschiedenen Ebenen der jeweiligen Hierarchie und die einzelnen Elemente sind durch eine Vielzahl von *Verbindungen* miteinander verknüpft, wodurch sich ein hoher Dichtegrad der Wechselwirkungen ergibt.\*

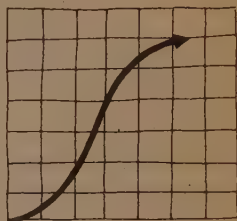
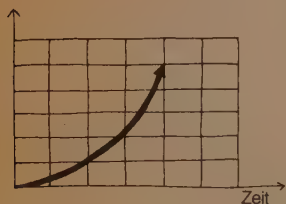
Die Wechselwirkungen zwischen den Elementen eines komplexen Systems sind spezieller Art: Sie sind nicht linear.

Eine lineare Wechselwirkung tritt ein, wenn sich die Veränderungen der Variablen in einem mathematischen System durch eine *Konstante* ausdrücken lassen.

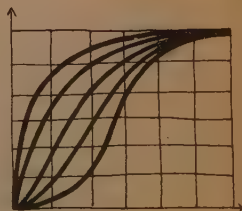
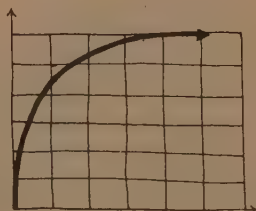
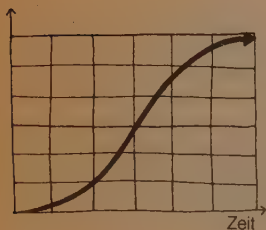


\* W. Ross Ashby definiert die Parität als die Zahl der verschiedenen Elemente in einem System oder die Zahl der verschiedenen Relationen zwischen diesen Elementen oder die verschiedenen Arten dieser Relationen. Daraus ergibt sich, daß schon ein relativ einfaches System aus sieben Elementen, zwischen denen jeweils zwei verschieden gerichtete Verbindungen mit jeweils zwei möglichen Zustandsformen bestehen, die riesengroße Zahl von  $2^{42}$  ergibt. Von dem Zahlenwert der Parität in solch komplexen Systemen wie in einer Zellpopulation oder gar einer ganzen Gesellschaft wollen wir lieber erst gar nicht reden.

Eine nichtlineare Wechselwirkung dagegen ist dadurch gekennzeichnet, daß die Zu- oder Abnahme der Variablen das Ergebnis einer Multiplikation, beziehungsweise einer Division mit einem Koeffizienten ist, der selbst wieder die Funktion anderer Variablen darstellt. Das ist zum Beispiel der Fall beim exponentiellen Wachstum: Die über der vertikalen Achse aufgetragene Größe verdoppelt sich jeweils in einer Zeiteinheit. Wenn das exponentielle Wachstum sich wieder verlangsamt und einer Stabilisierung zustrebt, bildet die Wachstumskurve eine S-Form, weil dann die anfängliche Verdoppelung der aufgetragenen Größe pro Zeiteinheit wieder zurückgeht, also der Multiplikationskoeffizient geringer wird.



Ein weiteres Beispiel einer nicht linearen Wechselwirkung ist die Enzymreaktion auf verschiedene Konzentrationen des Substrats, also der Zahl der Moleküle, die von den Enzymen jeweils in einer bestimmten Zeiteinheit transformiert werden. In Gegenwart eines Inhibitors ist die Transformationsgeschwindigkeit gering; in Gegenwart eines Aktivators verläuft die Reaktion bis zur Sättigung rasch. Das läßt sich durch die unten aufgezeichneten Kurven darstellen. Die linke Kurve repräsentiert die Zahl der in Gegenwart eines Inhibitors umgesetzten Moleküle, die mittlere Kurve die umgesetzte Molekülzahl in Gegenwart eines Aktivators und die rechte Kurve die umgesetzte Zahl je nach der relativen Konzentration von Inhibitor und Aktivator.



Der Begriff der Komplexität umfaßt also die Vielfalt der Elemente und der Wechselwirkungen, die Art des nichtlinearen Verlaufs dieser Wechselwirkungen und die Gesamtorganisation. Diese Charakteristika bestimmen das jeweilige Verhalten eines komplexen Systems. Es ist außerordentlich schwierig vorherbestimmbar. Charakteristisch für ein solches System ist die Entwicklung neuer Eigenschaften und eine große Resistenz gegen verändernde Einflüsse.

### **Aufbau eines Systems**

Zwei Gruppen charakteristischer Eigenschaften lassen sich allgemein in natürlichen Systemen feststellen. Die erste Gruppe betrifft die Struktur, die zweite die Funktion.

Die Struktur ist die räumliche Organisation der Komponenten beziehungsweise der Elemente eines Systems. Die Funktion umfaßt die Prozesse, also die zeitlich ablaufenden Erscheinungen, wie Austauschübertragung, Durchfluß, Wachstum, Evolution und ähnliches.

Strukturelle und funktionelle Elemente eines Systems lassen sich mittels graphischer Darstellungen leicht miteinander verbinden. Die graphischen Symbole ermöglichen es, von den unterschiedlichsten Systemen Modelle zu konstruieren und sie aufzuzeichnen, so daß die Funktion der Wechselwirkungen dem Verständnis besser zugänglich wird. Die im folgenden Abschnitt dargestellten Symbole entsprechen denjenigen, die J. W. Forrester und seine Forschergruppe am MIT zur Darstellung ihrer Simulationsmodelle benutzt haben.

Der strukturelle Aspekt aller Systeme zeigt folgende Eigenschaften:

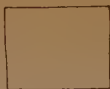
***Systemgrenze:*** Sie stellt die Begrenzung des jeweils betrachteten Systems dar und trennt es von der äußeren Umwelt ab. Eine Systemgrenze bildet zum Beispiel die Membran einer Zelle oder die Körperhaut, eine Stadtmauer im Mittelalter oder die Staatsgrenze eines Landes.

***Systemelemente:*** Sie können zahlenmäßig erfaßt und in Kategorien, Familien oder Populationen eingeteilt werden, wie zum Beispiel die Moleküle in einer Zelle, die Einwohner einer Stadt, die Belegschaft eines Unternehmens und ähnliches.

***Reservoirs:*** Dies sind diejenigen Systembezirke, in denen Energien, Informationen oder Materialien gespeichert werden. Wir kennen bereits zahlreiche Beispiele: die Reservoirs der Atmosphäre und der Sedimente, die Reservoirs für Kohlenwasserstoffe, Reserven an Kapital und an Wissen, Informationsspeicher von Rechnern, Bibliotheken, Magnetbänder, Fettpolster in Organismen, gespeichertes Glykogen in der Leber und ähnliches.



Das graphische Symbol für ein Reservoir ist ein einfaches Rechteck (Zeichnung).



*Kommunikationsnetz:* Darunter versteht man die Wege zum Austausch von Energie, Materie und Informationen zwischen den Systemelementen und den verschiedenen Reservoirs. Das Netz kann die verschiedenartigsten Formen haben: Es kann aus Rohrleitungen, Drähten, Kabeln, Nerven, Adern, Straßen, Kanälen, Pipelines und dergleichen bestehen. Schematisch wird das Netz durch Vollstriche oder unterbrochene Striche zwischen den Reservoirs und anderen Variablen des Modells dargestellt.



*Funktioneller Aspekt:* Die wichtigsten funktionellen Wesenszüge eines Systems sind:

*Flußgrößen:* Darunter versteht man zum Beispiel den Energiefluß oder den Informationsfluß oder den Durchfluß von Elementen zwischen den Reservoirs. Die Flußgrößen drücken die Durchflußmengen pro Zeiteinheit aus. Eine Flußgröße ist zum Beispiel ein Geldfluß (zum Beispiel das Gehalt in DM pro Monat), ein Produktionsausstoß ist beispielsweise die Zahl der ein Automobilwerk monatlich verlassenden Fahrzeuge, ein Informationsfluß etwa kann als Zahl der Informationsbits pro Mikrosekunde in einem Rechner gesehen werden. Flußgrößen von Energie und Materie verändern den Pegelstand der Reservoirs, zirkulieren in den Kommunikationsnetzen und werden symbolisch durch ununterbrochene Pfeile dargestellt; das Symbol von Informationsflußgrößen ist dagegen der unterbrochene Pfeil. Informationen bilden die Grundlage von Entscheidungen, die die Beeinflussung der Flußgrößen, Aufrechterhaltung, Senkung oder Erhöhung der Reserven in den Reservoirs ermöglichen.

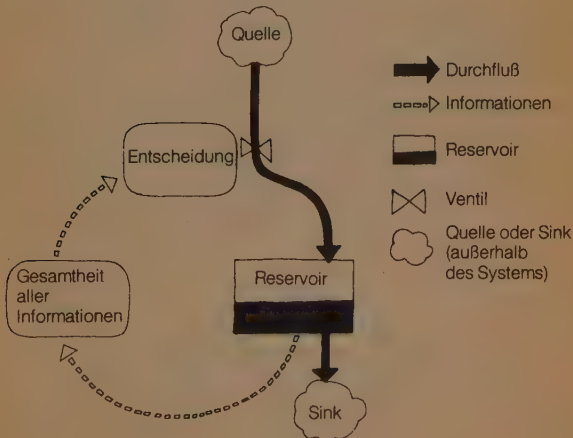
*Ventile:* Sie bestimmen die Durchflußgrößen. Ein Ventil im Systemmodell kann als Entscheidungszentrum betrachtet werden, das aufgrund von

Informationen Aktionen bewerkstelligt. So ist zum Beispiel im Systemmodell eines Unternehmens dessen Geschäftsführer ein Ventil, ferner kann eine Institution, ein Transformationsfaktor oder ein Katalysator, wie zum Beispiel ein Enzym, als Ventil betrachtet werden. Die Funktion der Ventile beinhaltet die Steigerung oder Verringerung der Durchflußgrößen. Graphisch wird das Ventil durch das Symbol eines Wasserhahns in einer Flußlinie dargestellt (siehe Zeichnung).



**Verzögerungen:** Sie entstehen durch die verschiedenen Durchflußgeschwindigkeiten, die zeitliche Dauer der Speicherung in den Reservoirs oder durch »Reibungseffekte« zwischen den Systemelementen. Sie sind von großer Bedeutung für die Erscheinung der Verstärkung oder der Dämpfung – typisch für das Verhalten komplexer Systeme.

**Rückkopplung:** Dies ist eine Bezeichnung für die Informationskreisläufe, die für das Verhalten eines Systems von entscheidender Bedeutung sind und die Auswirkungen der Reservoirs, der Verzögerung, der Ventile und der Flußgrößen miteinander kombinieren. Folgen der Rückkopplung sind zum Beispiel die Reduzierung einer Population, das Preisgleichgewicht, der Kalziumgehalt im Blutplasma.



Man unterscheidet *positive* Rückkopplung und *negative* Rückkopplung. Auf der positiven Rückkopplung beruht die Dynamik der Veränderung eines Systems, wie zum Beispiel Wachstum und Evolution.

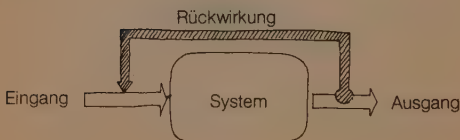
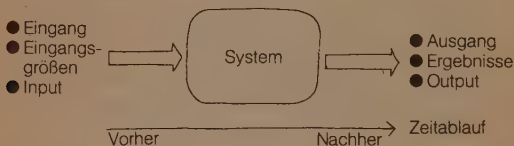
In dem Modell Seite 87 sind die besprochenen Struktur- und Funktionssymbole zusammengefaßt. Unter anderem kann man dieser Darstellung den Unterschied zwischen einem positiven und einem negativen Rückkopplungskreis entnehmen: Wenn die eingehenden Informationen mit übersteigendem Pegelstand im Reservoir zu einer Öffnung des Ventils führen, kommt es zum Überlauf des Reservoirs: Die positive Rückkopplung tendiert nach unendlich. Bei fallendem Pegelstand bewirkt positive Rückkopplung eine Schließung des Ventils und damit die Entleerung des Reservoirs. Sie tendiert gegen den Pegelstand Null. Stets hat die positive Rückkopplung den Effekt, den jeweiligen Ablauf noch zu verstärken.

Ganz anders jedoch sieht es mit der negativen Rückkopplung aus: Wenn der Pegel im Reservoir ansteigt, bewirkt die negative Rückkopplung eine Verringerung des Zuflusses und tendiert damit zur Erhaltung eines konstanten Pegelstandes. Bei fallendem Niveau bewirkt sie eine Öffnung des Ventils: Auch in diesem Fall wirkt sie zustanderhaltend.

## Die Dynamik von Systemen

Grundsätzlich beruht die Funktion aller Systeme auf dem Zusammenspiel von Rückkopplungskreisen, Durchflußgrößen und Reservoirgrößen. Rückkopplung ist Rückgriff von Wirkung auf Ursache.

In einem System, in dem Umwandlungen stattfinden, gibt es *Eingänge* und *Ausgänge*. Über die Eingänge wirken die Umwelteinflüsse auf das System, über die Ausgänge wirkt das System auf die Umwelt. Eingänge und Ausgänge werden auch Inputs und Outputs genannt. Zwischen



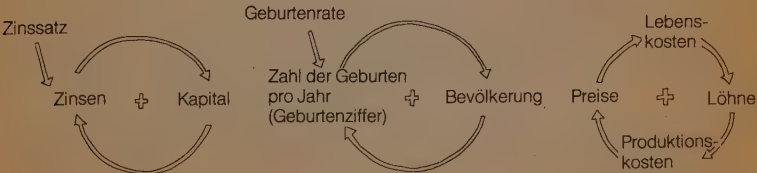
Eingängen und Ausgängen besteht eine zeitliche *Trennung*: der Unterschied zwischen dem »Vorher« und »Nachher«, zwischen Vergangenheit und Gegenwart.

In allen Rückkopplungskreisen werden Informationen über das Ergebnis einer Umwandlung oder einer Aktion auf den Systemeingang zurückgeführt. Eine Ausgangsgröße wird damit wiederum zu einer Eingangsgröße; wenn sie eine Umwandlung im System *gleichsinnig* mit dem Ergebnis am Output beschleunigt, so handelt es sich um eine *positive Rückkopplung*: Die Wirkung steigt. Wenn umgekehrt die Ausgangsgröße im *gegensätzlichen* Sinn auf die Eingangsgröße zurückwirkt, ist die *Rückkopplung negativ*. Dies führt zu einer Stabilisierung des Systems. Im ersten Fall tritt exponentielles Wachstum oder exponentielle Abnahme ein; im zweiten Fall wird das Gleichgewicht aufrechterhalten.



### Positive Rückkopplung: Steigerung der Divergenz

Positive Rückkopplung führt zu divergierendem Verhalten, zu unbegrenzter Expansion, zu Explosion im Sinn der Entwicklung ins Unendliche oder aber zu totaler Blockierung aller Aktivitäten (Entwicklung gegen Null). Dafür gibt es viele Beispiele, wie die Kettenreaktion bei Explosivstoffen, demographisches Wachstum, die Ausbreitung von Unternehmen, Kapitalwachstum durch Zinsen, inflationäre Entwicklung, unkontrollierte Zellvermehrung bei Krebs, Zusammenbruch von Unternehmungen und der Prozeß wirtschaftlichen Rückgangs.

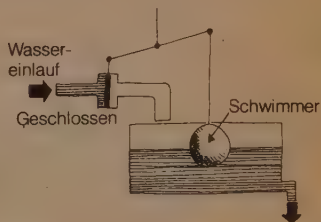
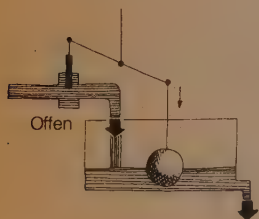


Im einen wie im anderen Fall führt ein sich selbst überlassener positiver Regelkreis zur Zerstörung des Systems.

Wichtige Voraussetzung für die Aufrechterhaltung eines Systems über lange Zeit ist die Kompensierung der Wirkung positiver Regelkreise durch negative.

### Negative Rückkopplung: Konvergenz auf ein Ziel

In einem negativen Regelkreis führt jede Veränderung nach Plus zu einer Korrektur in Richtung Minus und umgekehrt. Das aber ist die Grundfunktion jeder Regelung. Das System oszilliert dann um einen Gleichgewichtspunkt, den es niemals erreicht (aber im Mittel aufrechterhält). Regelung der Raumheizung durch Temperaturregler oder Aufrechterhaltung des Pegelstandes in einem Tank mittels Schwimmer und Ventil sind Beispiele für einfache Regulierung über negative Rückkopplung.\*



### Funktion von Flußgrößen und Reservoirs

Das Verhalten aller Systeme jeglichen Grades der Komplexität hängt im wesentlichen von zwei Arten von Variablen ab, den Flußvariablen und den Zustandsvariablen. Flußvariable lassen sich nur als Größen zwischen zwei Punkten oder über einen bestimmten Zeitraum angeben und sind damit im wesentlichen zeitabhängig. Zustandsgrößen sind die Anhäufungen bestimmter Mengen im Lauf der Zeit und damit Ergebnisse von Integrationsvorgängen. Ohne Zeitablauf blieben Zustandsgrößen konstant, da es auch keine Flußgrößen mehr gäbe, denn diese sind das Ergebnis von Aktionen, der Aktivität eines Systems.

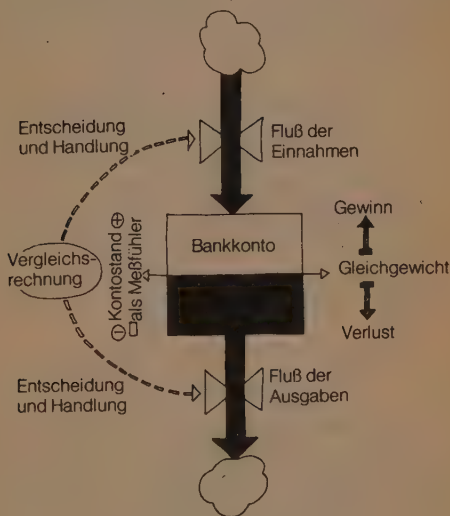
Am leichtesten verständlich sind die Beispiele mit Wasser. Flußvariable ist der Durchfluß, die mittlere Durchflußmenge zwischen zwei Zeitpunk-

\* Siehe auch über Regulierung des Bevölkerungsstandes, der Preise und über kommerzielles Gleichgewicht Seite 27, 42, 43.



ten. Eine Zustandsgröße ist die Wassermenge in einem Reservoir zu einem bestimmten Zeitpunkt. Wenn man statt des Wasserflusses einen Fluß von Individuen, zum Beispiel die Zahl von Geburten pro Jahr, betrachtet, ist die Zustandsgröße die Population in einem bestimmten Moment.

**Budgetausgleich:** Ein Bankkonto (Reservoir) steigt entsprechend der Geldeingänge und Ausgänge. Der Kontostand an einem bestimmten Datum ist eine Zustandsvariable, die eingehenden Gehaltszahlungen des Kontoinhabers sind ein Geldfluß aus einer bestimmten Geldmenge in der Zeiteinheit. Die Ausgaben entsprechen einem Fluß am Systemausgang; die Kontrollventile für beide Flußgrößen sind die aufgrund des Kontostandes getroffenen Entscheidungen des Inhabers.



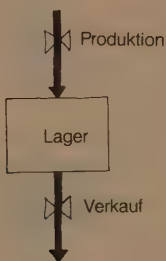
Budgetausgleich bedeutet Herstellung eines *Gleichgewichtszustandes* zwischen den Eingangs- und den Ausgangsflußgrößen, also Einnahmen und Ausgaben. Das Bankkonto befindet sich dann in einem dynamischen Gleichgewichtszustand.\*

Wenn die Eingangsflußgröße die Ausgangsflußgröße übertrifft, so steigt das Konto. Da dem Konto dann ständig Habenzinsen gutgeschrieben werden, wirkt jetzt ein positiver Regelkreis.

\* Dies gilt auch dann, wenn das Konto jeden Monat vollständig erschöpft und wieder gefüllt wird.

Wenn jedoch der Geldausgang größer ist als der Geldeingang, so gerät man ganz offensichtlich in Schulden. Dann ist der Regelkreis negativ und tendiert gegen Null, weil man Schuldzinsen zahlen muß, die den Kontostand immer weiter ins Soll bringen.

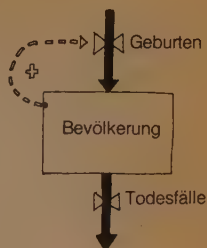
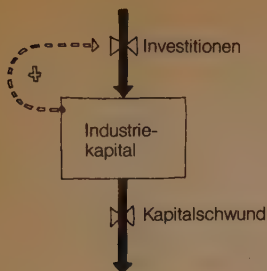
*Betriebsführung:* Der Chef eines Unternehmens bedient sich kurzfristig innerbetrieblicher Daten, wie Verkaufszahlen, Größen von Lagerbeständen, Auftragseingängen, Produktionszahlen; er bedient sich der Bilanzen, der Betriebsabrechnung und äußerer Indikatoren wie Steuersätzen, der Arbeitsmarktlage und dem Wirtschaftswachstum. Wenn sich Differenzen zwischen diesen Indikatoren und den Vorauserwartungen ergeben, muß der Firmenchef Korrekturmaßnahmen ergreifen. Hierzu zwei Beispiele: Das Lager ist ein Reservoir, das sich durch die Produktion füllt und durch den Verkauf leert. Sobald der Lagerbestand zu hoch wird, kann der Firmenchef den Verkaufsfluß aktivieren, indem er zum Beispiel die Verkaufspreise senkt oder das Marketing forciert. Kurzfristig kann er auch die Produktion drosseln.



Bei starker Nachfrage andererseits sinken die Lagerbestände rasch; der Unternehmer sucht deshalb die Produktion zu steigern. Wenn jedoch die Nachfrage hoch bleibt, kann das Unternehmen infolge geräumter Lager in Lieferschwierigkeiten geraten, wodurch dann Kunden abwandern und die Nachfrage sinkt. Dadurch erhöht sich wieder der Lagerbestand: Ein negativer Regelkreis kommt dem Unternehmer zu Hilfe. Er kann aber auch in Schwierigkeiten geraten, wenn er die Produktion zu stark gesteigert hat, ohne die Marktentwicklung genügend zu berücksichtigen. Der Unternehmer muß deshalb die Flußgrößen und die Niveaus der Lagerbestände entsprechend der Verzögerungen und der unterschiedlichen Wirkungszeiten unter Kontrolle halten.

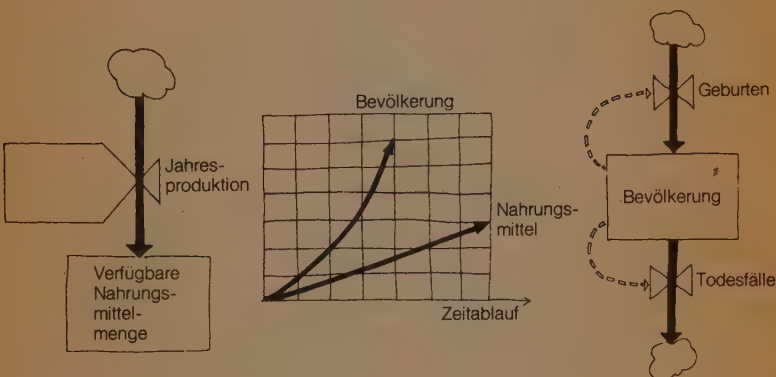
*Ernährung und Weltbevölkerung:* Das globale Wachstum ergibt sich aus zwei grundlegend wichtigen Variablen, dem Industriekapital und der Bevölkerungszahl. Das Reservoir des Industriekapitals (Fabriken, Ma-

schinen, Ausrüstungen und dergleichen) steigt durch Investitionen und sinkt durch Abnutzung. Das Reservoir Bevölkerung steigt mit der Geburtenzahl und fällt mit der Sterbeziffer.



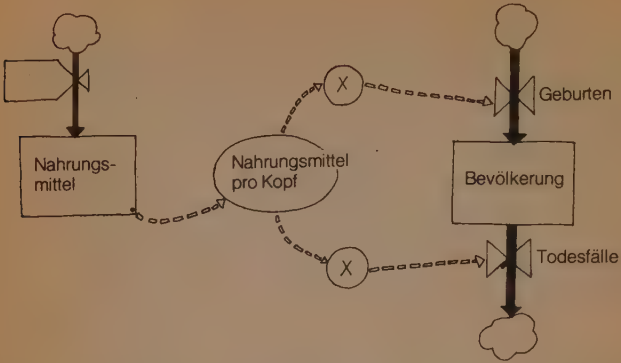
Wenn der Fluß der Investitionen gleich dem der Abnutzung oder wenn die Geburtenzahl gleich der Sterbezahl ist, so entsteht ein dynamischer Gleichgewichtszustand: das Nullwachstum.

Was sich ereignet, wenn mehrere Zustandsvariablen und mehrere Flußvariablen zusammenwirken, kann ein einfaches Modell, das bekannte Malthus-Modell, darlegen, das hier in seiner klassisch – einfachen Form

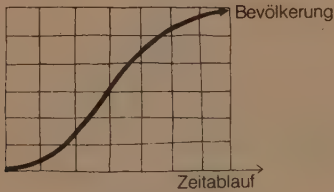


dargestellt wird: Die globalen Ressourcen an Nahrungsmitteln nehmen konstant – linear – zu, während die Weltbevölkerung mit einer Rate sich vermehrt, die selbst eine Funktion der Bevölkerung ist, also eine nichtlineare, geometrische Progression darstellt. Der regulierende Faktor ist in

diesem Fall die pro Kopf zur Verfügung stehende Nahrungsmittelmenge. Dieser Faktor verknüpft beide Elemente, Nahrungsmittel und Bevölkerung, im Modell.



Die Verminderung der Nahrungsmittelmenge pro Kopf hat Hunger und damit Zunahme der Mortalität zur Folge. Die demographische Kurve stabilisiert sich und bildet eine S-Form, wie sie immer auftritt, wenn Wachstum durch einen äußeren Faktor begrenzt wird.



Die Gleichungen, die den verschiedenen Zustand- und Flußvariablen entsprechen, können auf dem Computer programmiert werden, um die Aussagekraft bestimmter Hypothesen zu überprüfen: Was wird sich ereignen, wenn sich die Geburtenrate verdoppelt oder sich halbiert, wenn die Nahrungsmittelproduktion auf das Doppelte oder Dreifache steigt? Bei so einem einfachen rudimentären Modell führt eine derartige Rechnung auch nur zu einem Ergebnis mit begrenztem Aussagewert. Wenn jedoch Hunderte von verschiedenen Variablen zusammenwirken, erbringt die Simulation wertvolle und unerwartete Ergebnisse.

# Nutzen der Systemdynamik

## Analyse und Synthese

Analyse und Systemdynamik sind sich gegenseitig ergänzende Methoden. Bei der Analyse wird ein System in seine einfachsten Elemente zerlegt, um sie detailliert untersuchen zu können und die Art der Wechselwirkungen zwischen ihnen zu erkennen. Man versucht, durch Veränderung einer einzigen Variablen die Gesetze abzuleiten, die es ermöglichen, die Eigenschaften des Systems unter sehr verschiedenen Bedingungen vorherzusagen. Dabei müssen elementare Dinge wie die Gesetze der Addition berücksichtigt werden. Das ist bei homogenen Systemen möglich, deren Elemente gleichartig sind und zwischen denen schwache Wechselwirkungen bestehen, wie zum Beispiel bei Gasen. In diesem Fall sind statistische Gesetze sehr gut nutzbar, die über das Verhalten der Elementmenge, einer desorganisierten Komplexität, Aufschluß geben. Diese additiven Gesetze elementarer Eigenschaften haben jedoch bei Systemen hoher Komplexität mit einer großen Zahl sehr verschiedenartiger Elemente und starken Wechselwirkungen keine Gültigkeit.

Komplexe Systeme müssen mit neuen Methoden, die sich unter dem Begriff Systemdynamik zusammenfassen lassen, erschlossen werden. Das Ziel ist hierbei die Betrachtung des Systems in seiner *Gesamtheit*, in seiner *Komplexität* und seiner *Dynamik*. Mit der Methode der Simulation kann man zum Beispiel ein solches System als Modell »ablaufen« lassen und die Ergebnisse der verschiedenartigen Wirkungen zwischen den Elementen studieren. Die Untersuchung des zeitlichen Verhaltens führt zur Ableitung von Aktionsgesetzen zur Modifizierung des Systems oder zur Ableitung weiterer Systeme.

---

### *Analytischer Ansatz:*

Isolierung; Konzentration auf die einzelnen Elemente.

Untersuchung der Art der Wechselwirkung.

Genaueste Detailbetrachtung.

Jeweilige Modifizierung einer Variablen.

---

### *Systemischer Ansatz:*

Verbindende Betrachtungsweise, Untersuchung der Wechselwirkung zwischen den Elementen.

Ergebnisse der Wechselwirkungen.

Globale Betrachtungsweise.

Modifizierung von Gruppen aus mehreren Variablen.

---



<i>Analytischer Ansatz:</i>	<i>Systemischer Ansatz:</i>
Betrachtete Erscheinungen sind unabhängig ihrer Dauer reversibel.	Integration von Dauer und Irreversibilität.
Entsprechend einer Theorie, obliegt die Auswertung der Ergebnisse dem Experiment.	Die Bewertung der Ergebnisse resultiert aus dem funktionellen Vergleich des Modells mit der Realität.
Präzise und detaillierte, aber nur mit großen Schwierigkeiten für Aktionen nutzbare Modelle (zum Beispiel ökonometrische Modelle).	Modelle, die als Wissensgrundlagen nicht ausreichend sind, aber nutzbar für Entscheidungen und Aktionen (wie die Weltmodelle des Club of Rome).
Wirksamer Ansatz, so lange die Wechselwirkungen linearer Art oder schwach sind.	Nutzbarer Ansatz bei nichtlinearen und starken Wechselwirkungen.
Innerhalb von Disziplinen faßbar.	Viele Disziplinen umfassend.
Führt zu detaillierten festgelegten Handlungen.	Führt zu zielgerichteten Handlungen.
Detaillkenntnisse mit schlecht definierten Zielen.	Kenntnis der Ziele bei unbestimmten Details.

Die oben stehende, nicht erschöpfende Tabelle, stellt die Charakteristika der beiden komplementären Ansätze einander gegenüber. Bislang ist jedoch der analytische Ansatz, entsprechend unserer noch vorherrschenden Denkweise, über Gebühr bevorzugt worden.

Die Gegensätze zwischen analytischer und systemischer Betrachtungsweise spiegeln den Gegensatz zwischen Statik und Dynamik wider.

Unsere Kenntnisse von der Natur und der grundlegenden Gesetze stützt sich noch immer auf die klassische Geisteshaltung mit folgenden charakteristischen Wesenszügen:

Die gedankliche Konzeption wird von einer Vorstellung des Soliden, der Erhaltung der Form, des Volumens, der Wirkung von Kräften, der räumlichen Beziehungen und der Dauerhaftigkeit bestimmt.

Die irreversible Zeit, das nicht Terminierte und Unbestimmte wurden niemals voll berücksichtigt.

Die einzige Art, Erscheinungen zu erklären, bildet die lineare Kausalität. Die Erklärung folgt einer logischen Kette von Ursache zu Wirkung:

Ursache – Wirkung  
Vorher – Nachher

Im gegenwärtigen Denken unter dem Einfluß der Systemdynamik weicht die Vorstellung des *Soliden* derjenigen des *Flusses*, Bewegung tritt an die Stelle der Permanenz.

Die Kausalität verläuft im Kreis. Die Dynamik der Systeme zerreißt die statische Betrachtungsweise von Organisationen und Strukturen. Durch die Integration der Zeitabläufe läßt sie *Relationen* und *Gesamtvorgänge* erkennen.

## Modellierung und Simulation als Grundverfahren

Der Aufbau von Modellen und die Simulation sind wichtige und umfangreich angewandte Verfahren bei der Systemdynamik.

Wir alle nutzen einfache, analoge Modelle, wenn eine Erscheinung komplex ist und wenn sie Wechselwirkungen aufweist. Mit diesen Modellen, die durch vorhergehende Analyse entstehen, suchen wir die Grundelemente eines Systems zusammenzufassen, um Aussagen über sein voraussichtliches Gesamtverhalten machen zu können.

Wenn nur eine kleine Zahl von Variablen vorliegt, sind diese analogen Modelle immer angebracht, um zum Beispiel ein System, über das wir wenig Informationen besitzen, besser zu verstehen, oder um zu versuchen, die Antworten und Reaktionen einer Person vorauszusehen, die von einem anderen Modell der betreffenden Situation ausgeht. Denn unser Bild von unserer Umwelt ist immer ein »Modell«; alle unsere Vorstellungen, also Gedankenmodelle, sind Modelle; sie sind zwar weitgehend unvollständig und verschwommen, dienen aber dennoch als Basis für unsere Entscheidung.

Die Bildung einfacher, analoger Modelle wird aber unmöglich, sobald eine große Anzahl von Variablen wirksam ist, wie bei jedem System hoher Komplexität. Man muß dann mechanische oder elektronische Hilfsmittel einsetzen, also Simulatoren oder Computer. In diesem Fall müssen mathematische, auf dem Papier niedergeschriebene, sogenannte formalisierte Modelle benutzt werden; ihr Verhalten zeigt sich am besten bei der Simulation.

Die Simulation ist ein Verfahren, um ein modelliertes System gewissermaßen »lebendig« zu machen und alle seine Variablen gleichzeitig wirken zu lassen. Die Grenzen unserer Gehirnfunktion lassen es nicht zu, ohne Hilfsmittel der Informationstheorie und ohne Geräte Simulationen von Modellen komplizierter Systeme durchzuführen, wobei diese Modelle wiederum die Ergebnisse einer vorhergehenden Systemanalyse sind. Daher sind Systemanalyse, Modellierung und Simulation die drei grundlegenden Schritte zur Untersuchung des dynamischen Verhaltens komplexer Systeme.

Bei der *Systemanalyse* werden die Grenzen des zu modellierenden Sy-

stems, seine Elemente und die Arten der Wechselwirkungen zwischen ihnen bestimmt. Dann werden die Verknüpfungsarten klargelegt, welche Elemente und Wechselwirkungen eine Organisation bilden. Die Elemente und Verknüpfungsarten des Systems werden hierarchisch klassifiziert. Dann bestimmt man die Flußgrößen, die Zustandsvariablen, die positiven und negativen Rückkopplungskreise, die wirksamen Verzögerungen im System, die Inputs und Outputs.

Bei der *Modellierung* wird mit Hilfe der Systemanalyse ein Modell des Systems aufgestellt. Zuerst legt man ein komplettes Schema der wirksamen kausalen Zusammenhänge zwischen den Elementen der verschiedenen Untersysteme fest (wie zum Beispiel im Malthus-Modell auf Seite 94 den Einfluß der Geburtenziffer auf die Bevölkerungszahl und die Nahrungsmittelverknappung pro Kopf auf die Sterblichkeit). Die Wechselwirkungen und Verknüpfungen zwischen den verschiedenen Systemelementen werden dann als Gleichungen in einer angemessenen Programmsprache niedergeschrieben.

Bei der *Simulation* wird dann das zeitliche Verhalten des betreffenden komplexen Systems untersucht. Im Gegensatz zur analytischen Methode, bei der jeweils eine Variable verändert wird, benutzt man einen Computer, der die gleichzeitige Veränderung der Gruppen von Variablen in dem Maß zuläßt, wie das auch in der Realität der Fall ist (und errechnet das Gesamtergebnis). Man kann auch einen Simulator einsetzen, also ein aktionsfähiges, physikalisches Modell des betreffenden Systems, der dann in reellen Zeitetappen auf verschiedene Entscheidungen des Operators reagiert und damit das Modellverhalten zeigt. Ein solches physikalisches Simulationsmodell ist zum Beispiel der Flugsimulator zur Bodenschulung von Piloten.

Die Simulation wird heute in zahlreichen Bereichen des öffentlichen Lebens und der Wissenschaft angewandt; die Ergebnisse einer Simulation liegen als eindeutige und überprüfbare Aussagen vor. Beispiele für die Nutzungsbereiche von Simulationen:

*Wirtschaft und Politik:* Planwirtschaftliche Entscheidungen; Simulation von Konflikten; »Weltmodelle«. *Unternehmensführung:* Marktpolitik; Grad der Marktbeherrschung; Einführung neuer Produkte. *Ökologie:* Auswirkung von Emissionen in die Atmosphäre; Schadstoffkonzentrationen in der Nahrungskette. *Stadtentwicklung:* Wachstumsverhalten von Städten; Degenerationserscheinungen von Stadtgebieten; Kraftverkehr. *Astrophysik:* Genese und Entwicklung von Galaxien; Simulationsexperimente über atmosphärische Vorgänge auf entfernten Planeten. *Physik:* Elektronentransport in Halbleitern; Materialverhalten; Schockwellen. *Öffentliche Verwaltung:* Versandungsvorgänge in Häfen; Windeinwirkung auf Hochbauten. *Biologie:* Gegenseitige Wachstumsbeschränkung von Bakterienpopulationen; Wirkung von Medikamenten. *Informationstech-*

*nik*: Funktion geplanter Computer vor der Konstruktion. *Technik*: Studium und Beeinflussung von Prozeßabläufen; Energiekosten und Baukostenentwicklung.

*Vorteile und Grenzen des Simulationsverfahrens*: Trotz der unübersehbaren Anwendungsmöglichkeiten ist die Simulation kein Idealverfahren, sondern eine Methode zur Untersuchung komplexer Systeme und damit ein Verfahren unter anderen. Die Simulation ergibt keine exakten Lösungen für ein gestelltes Problem, sondern zeigt die allgemeinen Verhaltensweisen und die wahrscheinlichen Entwicklungsrichtungen auf.

Eine Gefahr bei der Simulation kann aus der Freiheit des Operators entstehen, die Ausgangsbedingungen völlig frei wählen zu können, um zu sehen, »was passiert«. Dabei kann er sich in der unbegrenzten Vielfalt der Zustandsgrößen und des Verhaltens verlieren.

Außerdem dürfen die Ergebnisse einer Simulation nicht als Realität betrachtet werden, wie das häufig geschieht. Allerdings muß sich ein solches Ergebnis mit der Realität vergleichen lassen, damit sie gegebenenfalls als Grundlage für eine Modifikation des Modells dienen kann.

Die Simulation gestattet, die Auswirkungen einer großen Zahl sich gegenseitig beeinflussender Variablen auf die Gesamtfunktion eines Systems in Erscheinung treten zu lassen. Sie ermöglicht die hierarchische Einordnung jeder Variablen, die Bestimmung der Systemstellen, an denen verstärkende oder hemmende Wirkungen auftreten; das sind diejenigen Systemstellen, an denen sich durch äußere Einwirkung das Systemverhalten am leichtesten beeinflussen läßt. Der Operator kann sehr verschiedenartige Hypothesen überprüfen, ohne aber das zu untersuchende System zu zerstören. Besonders wichtig ist dies bei der Erforschung lebendiger Systeme, also zum Beispiel von Organismen oder in anderer Hinsicht sehr empfindlicher Systeme, wie zum Beispiel von Erziehungssystemen (bei denen ein praktischer Eingriff experimenteller Natur bereits irreparable Schäden verursachen kann).

Bei der Simulation liefert der Computer keine Kunststücke wie der Hokusfokus eines Zauberers; es wird nicht mehr ausgegeben, als man eingibt. Das Computerergebnis ist vielmehr qualitativ anders als die Eingabe. Aus Millionen von Eingaben entschleiert der Rechner in Sekundenbruchteilen Strukturzüge, Bedingungen und Tendenzen, die direkt nicht beobachtbar sind und sich aus der Eigendynamik des Systems ergeben.

Insgesamt ist die Simulation ein neues Hilfsmittel zur Entscheidungsfindung, das die Wahl zwischen verschiedenartigen, künftigen Entwicklungen ermöglicht. Im Bereich sozialer Systeme sind die Simulationsergebnisse aber keine direkten *Vorhersagen*, denn auf diesem Gebiet gibt es kaum exakt quantifizierbare Parameter als Inputs: Wie sollte man auch Wohlbefinden, Furcht, Wünsche oder Affekte zahlenmäßig erfassen?

Dennoch ist die Simulation eine Art »soziologisches Labor«, mit dem man experimentieren kann, ohne aber Millionen von Menschen in ein Experiment zu verstricken und eventuell große Mittel einzusetzen, obwohl das Ergebnis fraglich ist.

Auch formalisierte Simulationsmodelle sind ohne Zweifel unvollkommen. Dennis Meadows hat jedoch mit Recht darauf hingewiesen, daß es außer diesen formalisierten Modellen nur noch die Gedankenmodelle gibt, noch ungenauere und mit Intuitionen belastete Abbilder der Wirklichkeit – die aber dennoch allgemein die Grundlagen für politische Entscheidungen bilden.

## **Intuitionswidriges Verhalten**

Eigenschaften und Verhalten eines komplexen Systems werden durch seine innere Organisationsform und seine Wechselwirkungen mit der Umwelt bestimmt. Besseres Verständnis für diese Eigenschaften und exakteres Erfassen des Verhaltens sind Voraussetzungen für erfolgreiche Einwirkung auf das betreffende System, um es entweder zu verändern oder sich der Entwicklung anzupassen.

Jedes System zeigt zwei fundamentale, funktionelle Wesenszüge: Aufrechterhaltung oder Veränderung. Das erstere ist das Ergebnis negativer Rückkopplungen, gekennzeichnet durch Stabilität. Der zweite Wesenszug wird durch positive Regelkreise verursacht und zeigt sich als Wachstum oder Zerfall. In einem offenen System sind meist beide Zustandsformen gleichzeitig vorhanden; unter der ständigen Einwirkung äußerer Zufallsstörungen entstehen dadurch charakteristische Verhaltensserien. Die wichtigsten davon lassen sich durch eine Reihe einfacher Grafiken (rechte Seite) darstellen, wenn man irgendeine wichtige, für das System charakteristische Variable als Funktion der Zeit\* darstellt (zum Beispiel, Größe, Produktion, Umsatz, Zahl der Elemente).

## **Die Dynamik des Zustands**

*Dynamische Stabilität: Gleichgewicht durch Bewegung.* Aufrechterhaltung bedeutet *Dauer*. Negative Rückkopplungskreise wirken positiven entgegen, tragen damit zur Stabilität in einem System bei und machen es dauerhaft. Es ist selbstregulierend.

---

\* Hierbei ist zu berücksichtigen, daß das Gesamtverhalten eines Systems das Ergebnis des jeweiligen Verhaltens seiner Untersysteme ist; die Verhaltensweisen dieser Untersysteme wiederum werden durch die Verknüpfung einer großen Zahl von Variablen bestimmt.

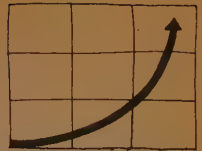




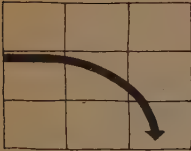
Stagnation



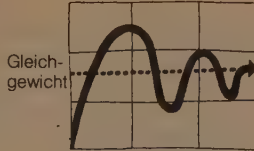
Lineares Wachstum



Beschleunigtes (exponentielles) Wachstum durch positive Rückwirkung

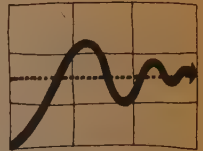


Rückgang

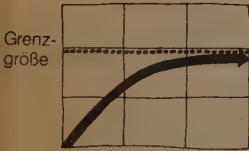


Gleichgewicht

Stabilisierung auf einen Gleichgewichtszustand durch negative Rückwirkung

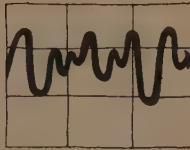


Zusammenwirken von exponentiellem Wachstum und Regulation

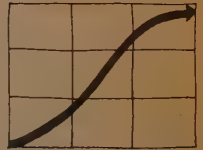


Grenzgröße

Begrenztes Wachstum



Fluktuierendes Verhalten



Beschleunigtes Wachstum gegen eine Grenzgröße (Saturierung)

Es erscheint paradox, Stabilität und Dynamik in einem Atemzug zu nennen. Tatsächlich aber drückt die Zusammenfassung dieser beiden anscheinend so gegensätzlichen Begriffe die Tatsache aus, daß die Strukturen oder Funktionen des betreffenden offenen Systems stets gleich bleiben, trotz der ständigen Umsetzung oder Erneuerung der jeweiligen Systemkomponenten. Diese formale Persistenz nennt man dynamische Stabilität; man findet sie in Zellen und Organismen ebenso wie in einer Kerzenflamme.

Die dynamische Stabilität entsteht durch das Zusammenwirken und die Angleichung zahlreicher, im System entstandener Gleichgewichte, etwa der Art des inneren Milieus von Organismen (siehe Seite 58). Es handelt sich hierbei um dynamische Gleichgewichte. Zu deren besserem Verständnis ist jedoch die klare Unterscheidung zwischen Kräftegleichgewicht und Flußgleichgewicht erforderlichlich.



Kräftegleichgewicht

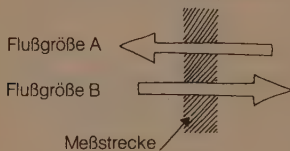


Punkt des Gleichgewichts

Zwei gleich große, gegeneinander gerichtete Kräfte heben sich gegenseitig auf. Das ist zum Beispiel der Fall, wenn zwei gleich starke Personen an den Enden eines Stricks jeweils in Gegenrichtung ziehen, oder aber, wenn ein Gegenstand an einem Nagel hängt. Die Größe der Anziehungskraft auf den Gegenstand nach abwärts ist gleich groß wie die Zugkraft am Nagel, die dieser in Richtung nach oben – entgegen der Erdanziehungskraft – aufbringen muß. Das *Kräftegleichgewicht* ist statischer Natur, die gegenseitige Aufhebung der wirkenden Kräfte führt dazu, daß sich nichts bewegt.

Völlig anderer Art jedoch ist das *Flußgleichgewicht*. Es entsteht dann, wenn zwei in gleicher oder in Gegenrichtung verlaufende Strömungen einen bestimmten Meßbereich durchströmen und dabei in einer bestimmten Zeiteinheit gleiche Größe haben, wenn zum Beispiel die auf ein Konto täglich eingezahlten Geldsummen gleich groß sind wie die Abhebung. Auf dem Konto befindet sich dann am Jahresende immer gleichviel Geld, obwohl ständig auf das Konto Geld »einfließt« und »abfließt«. Solch ein Strömungsgleichgewicht jedoch ist dynamischer Art, denn es handelt sich in diesem Fall um einen Vorgang, in dem sich etwas bewegt: Es strömt etwas hinein und gleich viel hinaus.

Flußgleichgewicht  
(dynamisches Gleichgewicht)



Ein weiteres Beispiel für ein dynamisches Gleichgewicht ist ein Gefäß, in das ständig gleichviel Wasser hinein- wie hinausfließt. In dem Gefäß ist ständig anderes Wasser, gleich bleibt lediglich der Wasserstand im Gefäß, hinsichtlich seiner Füllung befindet sich das Gefäß in einem stationären

Zustand, der aber durch einen dauernden Strömungsvorgang erhalten wird.



Es gibt unzählig viele stationäre Zustände, so wie es auch unabsehbar viele Gleichgewichtsniveaus des Füllzustands von Gefäßen gibt. Diese unendlich vielen, potentiellen Gleichgewichtszustände machen es möglich, daß sich ein System unendlich vielfältigen Einflüssen aus der Umwelt anzupassen vermag.

*Homöostasie: Der Widerstand gegen Veränderung.* Der Begriff Homöostasie wurde 1932 von dem amerikanischen Physiologen Walter B. Cannon geprägt (siehe Seite 59). Ein homöostatisches System (zum Beispiel ein Unternehmen, eine große Organisation oder eine Zelle) ist ein offenes System, das seine Struktur und seine Funktionen mittels einer Vielzahl dynamischer Gleichgewichtszustände aufrechterhält. Ein solches System reagiert auf alle aus der Umwelt stammenden Wirkungen durch Veränderungen in gleicher Größe, aber in gegensätzlicher Richtung der verursachenden Störung. Diese Veränderungen haben finalen Charakter und dienen zur Aufrechterhaltung des inneren Gleichgewichts.

Alle ökologischen, biologischen oder sozialen Systeme haben besonders ausgeprägten homöostatischen Charakter. Allen Veränderungen wirken sie auf jede ihnen mögliche Weise entgegen. Wenn aber ein derartiges System sein Gleichgewicht nicht mehr wiederherstellen kann, tritt es in einen anderen Funktionsmodus ein, bei dem die limitierenden Beschränkungen jedoch stärker sind als im vorhergehenden Zustand; dies kann, wenn die äußeren Einwirkungen anhalten, zur Destruktion des betreffenden Systems führen.

Die Homöostasie ist eine wichtige Voraussetzung für die Stabilität und damit für den Fortbestand komplexer Systeme. Homöostatische Systeme sind ultrastabil; ihre gesamte interne, strukturelle und funktionelle Organisation ist darauf ausgerichtet, eben diese Organisation unter allen Umständen aufrechtzuerhalten. Das Verhalten dieser Systeme ist für den menschlichen Geist unvorhersehbar. Es ist antiintuitiv, nach einem Ausdruck von Jay Forrester: Auf einen bestimmten Vorgang erwartet der

Mensch (entsprechend seiner Erfahrung) auch einen ganz bestimmten Reaktionsvorgang des Systems; aber die homöostatischen Wechselwirkungen in dem System sind solcher Art, daß es völlig anders und ganz gegensätzlich, als erwartet, reagiert. Dieser Effekt ist den Politikern, Firmenmanagern und Soziologen nur zu gut bekannt.

## Die Dynamik der Veränderung

Dauerhaftigkeit allein ist aber keine ausreichende Eigenschaft eines Systems; es muß nicht nur Störungen ausgleichen, sondern sich auch lang wirkenden Umweltänderungen anpassen und sich entwickeln. Wenn keine Eigenentwicklung vorhanden ist, wird das System durch Umwelteinflüsse degradiert.

*Wachstum und Varietät:* Da positive Regelkreise jede kleinste Abweichung verstärken, wirken sie als *Zufallsgeneratoren der Vielfalt*. Sie erhöhen die Optionsmöglichkeiten des Systems, verstärken Differenzierungen, schaffen zunehmende Komplexität und vervielfältigen die Möglichkeiten der Wechselwirkungen.

Varietät ist auch eine der Grundbedingungen für die Stabilität eines Systems. Ein homöostatischer Zustand kann sich nur einstellen und aufrechterhalten, wenn sehr viele und außerordentlich vielfältige Regulierungsmöglichkeiten vorhanden sind. Je komplexer ein System ist, desto umfassender muß es kontrolliert werden; es muß als Ausdruck seiner Komplexität auf vielfältige Störmöglichkeiten aus der Umwelt die passenden »Antworten« parat halten. Diese Eigenschaften drückt das »Gesetz der erforderlichen Varietät« (*Law of Requisite Variety*) aus, das von Ross Ashby 1958 formuliert wurde. Es postuliert allgemeingültig und in mathematischer Form, daß die Regulierung eines Systems nur durch ein Kontrollsystem möglich ist, das *so komplex wie das System selbst ist*. Das heißt, anders ausgedrückt, daß die Kontrollfunktionen eine gleichartige Varietät wie die Varietät des Systems selbst aufweisen müssen. In der Ökologie zum Beispiel sichert die Varietät der Arten, die Zahl der ökologischen Nischen, die Vielfalt der Wechselbeziehungen zwischen den Arten und der Umwelt die Stabilität des Ganzen.

Die Entstehung zunehmender Vielfalt führt damit zu der Vorstellung sich steigernder Komplexität. Aber durch Konfrontation mit zufälligen Umweltwirkungen entsteht im System auch Unvorhergesehenes, *Improvisiertes*: der Nährstoff der Veränderung. Wachstum ist damit gleichzeitig der Antrieb für Veränderungen und das Mittel zur Anpassung an Umweltänderungen. Ein homöostatisches System entwickelt sich durch Prozesse der partiellen oder totalen Desorganisation und der Reorganisation, die sich gegenseitig ergänzen.

*Evolution und Neuentwicklung:* Die Evolution eines offenen Systems ist das Integral seiner Veränderungen und Anpassungsvorgänge.\*

Die Evolution läuft auf hierarchischen Organisationsstufen ab und führt zur Entstehung neuer Eigenschaften. Die präbiologische Entwicklung, also die Entstehung lebender Systeme, die biologische und die soziale Evolution sind Beispiele dafür, daß Evolution Zuwachs an Komplexität ist. Auf jedem Evolutionsniveau erscheinen neue Eigenschaften, die sich nicht durch die Summe der Eigenschaften der Teile des Ganzen erklären lassen, sondern qualitativer Art sind und Entwicklungssprünge darstellen, so zum Beispiel die Entstehung des Lebens, der reflektierenden Denkfähigkeit, des Kollektivbewußtseins.

Die Entstehung neuer Eigenschaften ist eng verknüpft mit Komplexität. Zunehmende Häufung artverschiedener Systemelemente, Steigerung der Verknüpfungen zwischen den Elementen und das Spiel der nichtlinearen Wechselwirkungen führen zu Systemverhaltensweisen, die kaum vorhersehbar sind. Die Auswirkungen sind besonders dann unerwartet, wenn man nur die einzelnen Eigenschaften der Systemelemente betrachtet. Man kennt zum Beispiel genau die Eigenschaft jeder Aminosäure in der Kette der Proteine. Aber wenn diese Kette aufbricht, so formieren sich bestimmte Aminosäuren, die keine Verbindung mehr mit der Folgeordnung haben, im freien Raum. Dadurch entstehen Proteine mit neuentwickelten Eigenschaften, die zum Beispiel bestimmte Moleküle zu erkennen vermögen oder als Katalysatoren bei der Umwandlung wirken. Eine solche Weiterentwicklung ist unmöglich, solange sich die Aminosäuren in der vorgegebenen Bindungsordnung befinden und sich nicht zu neuen Ordnungen umgruppieren.

## **Die »zehn Gebote« der Systemdynamik**

Methoden der Systemdynamik sind aber nur dann von Bedeutung, wenn sie zu verwertbaren Ergebnissen führen, unseren Wissensstand erhöhen und die Wirksamkeit unserer Handlungen steigern.

Deshalb müssen als Ergebnis der Simulationen aus den Invarianten, den Eigenschaften und dem Verhalten komplexer Systeme bestimmte, allgemeingültige Regeln abgeleitet werden, die zum besseren Verständnis solcher Systeme und zu ihrer Beeinflussung beitragen.

Im Gegensatz zu Fehlinterpretationen juristischer, moralischer oder physiologischer Regeln, die auch geschickt umgangen werden können, führt mangelnde Kenntnis bestimmter systemdynamischer Gesetze zu schwerwiegenden Irrtümern, die bis zur Destruktion des Systems führen können,

---

\* Der Mechanismus der Evolution wird im Kapitel »Zeitablauf und Evolution« behandelt.



dem wir angehören und das wir positiv beeinflussen wollen. Zweifellos haben viele Menschen schon intuitiv solche Regeln erfaßt, denn sie ergeben sich teilweise aus richtig verwerteter Erfahrung und durch gesunden Menschenverstand. Die zehn Gebote des Systemansatzes lauten wie folgt:

### *1. Bewahre die Vielfalt:*

Zur Erhaltung von Stabilität ist Varietät erforderlich. Jeder zur Vereinfachung des Systems führende Vorgang ist gefährlich und führt zu Störungen von Gleichgewichtszuständen. Die Ökologie bietet hierfür unzählige Beispiele, wie das Aussterben von Arten infolge des Umsichgreifens der »Zivilisation«, was zur Degradation des gesamten Ökosystems beiträgt. In bestimmten Gebieten wird durch intensive Bewirtschaftung die ökologische Pyramide zum Einsturz gebracht und durch instabile Gleichgewichtszustände ersetzt, die sich nur auf drei ökologische Fundamente stützen, nämlich Getreidepflanzen, Rinder und Menschen als dominierende Art, die das gesamte Ökosystem kontrollieren will. Aber so ein unausgeglichenes Ökosystem tendiert dazu, spontan wieder in einen Zustand erhöhter Komplexität umzuschlagen, zum Beispiel durch Massenvermehrung von Insekten und von Unkraut, das wiederum dazu führt, daß die Landwirte größere Mengen von Pestiziden und Unkrautvertilgungsmitteln anwenden – zur Reduzierung der Varietät.

Im Bereich von Wirtschaft und Verwaltung hat jede übermäßige Zentralisierung eine Vereinfachung der Kommunikationswege zur Folge und damit eine Verarmung der zwischenmenschlichen Beziehungen. Das führt zur Desorientierung, zu gesellschaftlichen Gleichgewichtsverlusten und zur Unfähigkeit des Systems, sich rasch wechselnden Situationen anzupassen.

### *2. Zerstöre keinen Rückkopplungsvorgang:*

Die isolierte Betrachtung eines einzelnen Faktors hat punktuelle Aktionen zur Folge (ohne Berücksichtigung des Gesamtsystems), deren Auswirkungen oft zur Desorganisation des Gesamtsystems führen. Handlungsweisen dieser Art sind häufig auch Ursache tragischer Irrtümer im Bereich der Medizin, der Wirtschaft und der Ökologie.

Um kurzfristig Wirkungen zu erzielen, trennt man sehr oft einen stabilisierenden Regelkreis auf oder zerstört miteinander vernetzte Rückkopplungskreise. Man handelt dabei in dem Glauben, direkt auf die Ursachen einzuwirken und so die Auswirkungen besser steuern zu können.

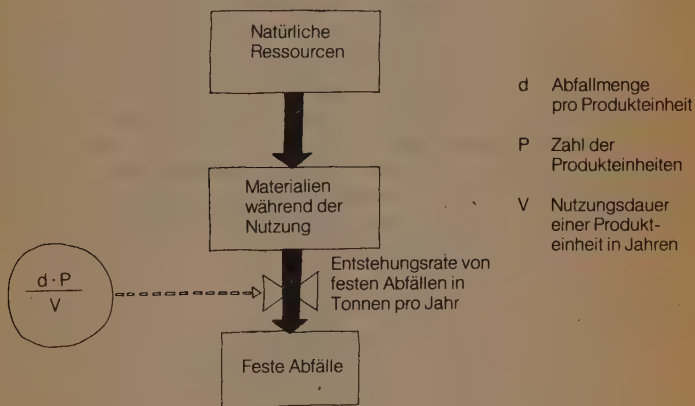
Die Massennutzung fossiler Brennstoffe, von Kunstdünger und von nicht abbaubaren Pestiziden ermöglicht zwar kurzfristig eine Erhöhung landwirtschaftlicher Erträge, führt aber langfristig zu irreversiblen Störungen. Hierzu ein bekanntes Beispiel:

Die Insektenbekämpfung führt zu einer Verminderung des Bestandes derjenigen Vogelarten, die Insektenfresser sind. Sehr rasch kommt es dann dazu, daß die Insekten sich wieder in Massen vermehren – weil ihre natürlichen Feinde fehlen.

Auf gleiche Weise werden natürliche, biochemische Regelkreise zerstört, wenn man über längere Zeit Schlafmittel oder sonstige chemische Mittel, wie zum Beispiel Drogen, einnimmt.

### 3. Suche nach Systempunkten mit Verstärkerwirkung:

Systemanalyse und Simulation machen es möglich, die *sensiblen Stellen* eines komplexen Systems zu erkennen – diejenigen Systempunkte, an denen sich bei einem Eingriff die Kontrollwirkungen verstärken können. Ein homöostatisches System hat die Tendenz, jedem punktuellen oder sequentiellen Eingriff Widerstand entgegenzusetzen. Unter sequentiell wird in diesem Sinn verstanden, daß man aus dem Ergebnis eines Eingriffs neue Eingriffsmaßnahmen entwickelt. Eine der Methoden, die es gestat-



ten, ein System so zu beeinflussen, daß es sich in eine erwünschte Richtung entwickelt, ist die Anwendung einer *Kombination verschiedener Maßnahmen (policy mix)*. Diese Maßnahmen müssen sorgfältig aufeinander abgestimmt sein und gleichzeitig auf verschiedene, beeinflussbare Systempunkte wirken. Ein Beispiel hierfür bietet das Problem der festen Abfälle, des Mülls.

Eine kurze Überlegung zeigt, daß zur Reduzierung der entstehenden Müllmengen (also zur Veränderung einer Flußvariablen) es nur drei

Möglichkeiten gibt: 1. Reduzierung der Zahl der benutzten Produkte; 2. Reduzierung der anfallenden Müllmengen pro Produkt oder 3. Erhöhung der Nutzungsdauer der Produkte durch robustere Konstruktion oder leichtere Reparaturmöglichkeit. Simulationen durch Jorgan Randers am MIT zeigten jedoch, daß jede dieser Maßnahmen allein nicht ausreichend ist. Beste Ergebnisse bringt eine Kombination von Maßnahmen, die gleichzeitig wirksam werden müssen: eine Besteuerung in Höhe von 25 % auf die Gewinnung sich nicht regenerierbarer Rohstoffe, eine Subventionierung des Recyclings in gleicher Höhe, eine fünfzigprozentige Verlängerung der Produktnutzungsdauer, Verdopplung der wiedergewinnbaren Materialmenge pro Produkt bei gleichzeitiger Reduzierung der pro Produkt erforderlichen gesamten Rohmaterialmenge.

#### *4. Stelle das Gleichgewicht durch Dezentralisation wieder her:*

Die Tendenz eines komplexen Systems zur raschen Wiederherstellung von Gleichgewichten erfordert, daß alle sich einstellenden Abweichungen sofort an den Systempunkten, wo sie auftreten, erkannt und Korrekturmaßnahmen dezentralisiert wirksam werden. Alle Korrekturen zur Aufrechterhaltung des körperlichen Gleichgewichts beim aufrechten Gang erfolgen durch Kontraktionen bestimmter Muskeln, ohne daß wir uns dessen bewußt sind, selbst wenn das Gehirn daran beteiligt ist. Oft erfolgen Korrekturen so rasch, daß es gar nicht erforderlich wird, übergeordnete Steuerungszentren einzuschalten. Dezentralisation zur Wiederherstellung von Gleichgewichten ist eine praktische Nutzanwendung des Gesetzes der erforderlichen Varietät, das stets in Organismen, Zellen und in Ökosystemen wirksam ist. Uns Menschen jedoch gelang es bis heute nicht, dieses Gesetz auch in den Organisationen wirksam werden zu lassen, die wir steuern wollen.

#### *5. Erhalte Zwänge und Beschränkungen:*

Wenn man ein bestimmtes, als günstig betrachtetes Systemverhalten aufrechterhalten will, muß man bestimmte Arten von Zwängen akzeptieren und sie auch weiterwirken lassen, damit das System nicht in eine ungünstigere oder gar gefährliche Richtung abweicht.

Im Privatleben kann man zum Beispiel sein Verhalten entsprechend einer »gehobenen« Lebensweise ausrichten, das heißt, über seine Verhältnisse leben, muß dann aber Beschränkungen und Zwänge in Kauf nehmen, die sich als Ärger mit Banken und Gläubigern bemerkbar machen. Man kann aber auch seine Ausgaben beschränken und auf Dinge verzichten, die man gerne hätte. Das sind dann eben andere Beschränkungen.

Auf dem Gebiet der Volkswirtschaft nehmen die Verantwortlichen die Beschränkungen und Zwänge in Kauf, die durch Dauerinflation und der daraus folgenden sozialen Ungerechtigkeiten entstehen, die aber dennoch

gegenüber Massenarbeitslosigkeit als das geringere Übel betrachtet werden. Auf dem Gebiet der Weltwirtschaft hat das ständige Wachstum ebenfalls soziale Ungleichheiten, Rohstoffverknappungen und Umweltverschmutzung zur Folge. Theoretisch jedoch ermöglicht dieses Wachstum eine rasche Steigerung des Lebensstandards. Der Übergang zu einer stationären Weltwirtschaft hätte zur Folge, daß andere Zwänge in Erscheinung treten, die über die Senkung des Lebensstandards und über noch komplexere Kontroll- und Regulationsmaßnahmen als in einer Wirtschaft des Wachstums wirksam würden. Jedem einzelnen würden sie weitaus umfassendere Verantwortlichkeit auflasten.

Freiheit und Autonomie beruhen auf entsprechender Dosierung bestimmter Zwänge; wenn man diese um jeden Preis beseitigen will, läuft man Gefahr, aus einem Zustand, in dem akzeptierte und beherrschte Schranken wirksam sind, in einen nicht mehr kontrollierbaren Zustand zu geraten, der zur raschen Zerstörung des gesamten Systems führt.

#### *6. Differenziere, um besser integrieren zu können:*

Jede wirkliche Integration beruht auf einer vorhergehenden Differenzierung. Originalität, der spezielle Wesenszug jedes Elements in einem System, wirkt sich erst voll in der organisierten Gesamtheit aus. Dies ist der tiefere Sinn des von Teilhard de Chardin geprägten Ausdrucks »L'union différencie«, der »differenzierten Gesamtheit«, wie sie sich in der Spezialisierung der Zellen in den Geweben und Organen eines Körpers zeigt.

Homogenität dagegen, die Gleichartigkeit aller Teile eines Systems, bedeutet Entropie. Eine Gesamtheit wird erst durch die in ihr stehende Diversität kreativ, denn diese Diversität steigert die Komplexität des Systems und schafft neue, gehobene organisatorische Zustandsformen. Dieses Gesetz der Systemdynamik und die zusammenwirkenden Beschränkungen sind den Menschen, deren Aufgaben die Integrierung ist, die Zusammenführung von unterschiedlichen Kräften, Wirkungen und Menschen zu einem Ganzen, sehr wohl bekannt.

#### *7. Unterdrücke Störungen nicht:*

Ein ultrastabiles, homöostatisches System kann sich nur entwickeln, wenn es durch Wirkungen aus seiner Umwelt »angegriffen« wird. Jede Organisation muß deshalb die Fähigkeit besitzen, die von außen kommenden Keime durch Veränderung aufzunehmen und zu ihrer Evolution zu nutzen. Das setzt eine Funktionsart voraus, die durch beständige Erneuerung der Strukturen und durch große Mobilität von Menschen und Ideen gekennzeichnet ist. Zu große Starrheit und Dauerhaftigkeit der Strukturen oder der Hierarchie wirkt ganz offensichtlich einer beständigen Evolution entgegen.

Eine Organisation kann sich in der Art eines Kristalls oder aber einer lebenden Zelle aufrechterhalten. Die Kristallstruktur erhält sich auf Grund des Gleichgewichts der in ihr wirksamen Kräfte, die sich an jedem Knotenpunkt des Kristallgitters gegenseitig aufheben, sowie infolge der Redundanz, das heißt der in riesiger Anzahl vorhandenen, einander völlig identischen molekularen Konfigurationen. So eine Kristallstruktur ist in einem statischen Zustand, der von der Außenwelt unabhängig ist, aber auch keine Möglichkeit läßt, das System von außen kommenden Störungen anzupassen:

Wenn zum Beispiel die Temperatur zu sehr zunimmt, desorganisiert sich die Kristallstruktur, das Kristall schmilzt. Eine Zelle ist dagegen in dynamischem Gleichgewicht mit ihrer Umgebung. Ihre Organisation beruht nicht auf Redundanz, sondern, im Gegenteil, auf großer Verschiedenartigkeit der Systemelemente. Offene Systeme erhalten sich durch beständige Erneuerung ihrer Systemelemente. Bei einer kristallartigen Organisation gibt es nur radikale und äußerst einschneidende Veränderungen. Eine zellartige Organisation dagegen sucht aus Einwirkungen Nutzen zu ziehen, ihre Varietät zu erhöhen und ist empfänglich für äußere Einflüsse.

#### *8. Ziehe ein bestimmtes Ziel einem detaillierten Programm vor:*

Im Arbeitsprogramm einer automatischen Maschine müssen alle im Verlauf der Tätigkeit möglicherweise vorkommenden Störungen im voraus berücksichtigt werden. Bei einem Servo-Mechanismus dagegen, der sich der Komplexität anpaßt, genügt es, das Ziel eindeutig anzugeben und Kontrollmittel vorzusehen, die Abweichungen von der zielgerichteten Funktion selbsttätig korrigieren.

Die grundlegenden Prinzipien der Kybernetik gelten für alle menschlichen Organisationen. Die Definition der Ziele und der Mittel, die notwendig sind, sie zu erreichen, sowie die Bestimmung der Austauschvorgänge erfordern mehr als nur eine detaillierte Programmierung der täglichen Vorgänge. Ein bis in die letzten Einzelheiten gehendes Programm kann lähmend wirken. Ein autoritäres Programm setzt die Furcht an die Stelle von Einfallsreichtum und Mitarbeit.

#### *9. Nutze Steuerenergie:*

Die vom Entscheidungszentrum eines Systems ausgehenden Informationen können innerhalb des Systems in riesigem Umfang verstärkt werden, wenn sie von den hierarchischen Strukturen der Organisation oder ihrem Verteilungsnetz aufgenommen und verarbeitet werden.

In energetischer Hinsicht kann der Stoffwechsel im Körper eines Menschen, der eine Maschine bedient, gegenüber den Kräften vernachlässigt werden, die er durch Einwirkung auf diese Maschine freisetzt und kon-



trolliert. Dasselbe gilt für die leitenden Personen jeder großen Organisation.

Man muß deshalb unterscheiden zwischen der Energie für Kraftentwicklung beziehungsweise der Arbeitsleistung und der Steuerenergie. Energie zur Kraftleistung ist zum Beispiel der elektrische Strom, der einen Widerstand erhitzt, oder die Kraft einer Flüssigkeitsströmung in einer Leitung, die einen Druck ausübt. Steuerenergie dagegen ist die Energie, die einen Temperaturregler bewegt oder die Energie der Hand, die einen Wasserhahn auf- und zudreht. Und diese Energie hat den Charakter der Information.

Ein Steuermechanismus ist so beschaffen, daß er seine Steuerenergien, die Informationen, die seine Arbeitselemente steuern, selbst verteilt. In gleicher Weise muß der Leiter einer Organisation dem System, das er zu lenken hat, ermöglichen, die inneren Steuerenergien zu verteilen, das heißt, er muß Rückkopplungskreise für Informationen über das Entscheidungszentrum schaffen.

#### *10. Berücksichtige die Verzögerungszeiten:*

In jedem System treten infolge der kombinierten Wirkungen der Regelkreise, der Verzögerungseffekte in den Reservoirs und bei den Flußgrößen Verzögerungszeiten auf. In vielen Fällen, besonders bei Unternehmen, ist es deshalb unsinnig, nach möglichst raschem Ablauf zu trachten und Druck auszuüben, um zu Ergebnissen zu gelangen. Weitaus besser ist es, die interne Dynamik des betreffenden Systems zu verstehen und die Verzögerungszeiten bei der Systemreaktion einzurechnen. Diese Fähigkeit erwirbt man sich bei der Führung großer Organisationen oft durch Übung; im angelsächsischen Sprachgebrauch nennt man diese Fähigkeit *Timing*, und das bedeutet, daß man fähig ist, eine bestimmte Aktion weder zu früh noch zu spät, sondern genau in dem Moment auszulösen, in dem das System in der Lage ist, spontan in dieser oder jener Richtung zu reagieren. Die Fähigkeit des *Timing* ermöglicht, die interne Maximalenergie eines komplexen Systems zu nutzen.

#### **Gefahren der Systemdynamik und wie man sie vermeidet**

Wir sind heute alle von den Gefahren des Dogmatismus umlauert. Aus dem systemdynamischen Denken könnte sich ein »Systematismus« entwickeln oder ein Denken, das alles auf die Biologie reduziert, den »Biologismus«. Es droht die Gefahr, daß die Modelle dazu verleiten, als Ergebnisse von Reflektionen, statt als Ausgangsbasis für die Forschung betrachtet zu werden, daß man also das Werkzeug mit dem Produkt verwechselt. Wir könnten dazu verführt werden, die Modelle oder die

biologischen Gesetze in viel zu vereinfachter Form auf die Gesellschaft zu übertragen.\*

Der Versuch der Entwicklung einer Einheitstheorie, eines Modells, das alles umfaßt, für alles eine Antwort hat und alles vorherzusehen vermag, ist eine besondere Gefahr, die aus der Systemdynamik entspringen kann. Die mathematische Darstellungsweise, die von Natur aus generalisierend ist, kann zu einem Formalismus führen, der die Systemdynamik isoliert, anstatt sie der Praxis verfügbar zu machen. Die allgemeine Systemtheorie entgeht schon jetzt nur knapp dieser Gefahr; einerseits verschlüsselt sie sich in die Sprache der Graphen-Theorie, der Mengenlehre, der Spieltheorie und der Informationstheorie, andererseits ist sie nichts weiter als eine Menge rein beschreibender Ansätze, die oft zwar sehr aufschlußreich, aber ohne Applikationsmöglichkeiten sind.

Operationelle Systemdynamik vermeidet sowohl die Gefahr eines paralyisierenden Reduktionismus wie eines umfassenden Systematismus. Ihr Ziel ist Wissenserweiterung, Aktion und Kreation.

Das Grundgedankengut der Systemdynamik ist toleranter und pragmatischer Natur. Für die Systemdynamik als Wissenschaftswerkzeug ist alles, was das Wissen erweitert und die Vorstellungskraft fördert, willkommen.

---

\* Die Gefahr einer zu direkten Anwendung biologischer Gesetze auf den Sozialbereich hat bereits Friedrich Engels erfaßt, als er 1875 an den russischen Soziologen und Publizisten Piotr Lavrov schrieb: »Der wesentliche Unterschied zwischen der menschlichen und der zoologischen Gesellschaft besteht darin, daß Tiere im wesentlichen Sammler sind, während die Menschen produzieren. Allein dieser wesentliche Unterschied verbietet es, die Gesetze zoologischer Gesellschaften einfach auf menschliche Gesellschaften anzuwenden.« Später allerdings zeigten die Arbeiten von A. J. Lotka aus dem Jahr 1925 über die Bevölkerungsdynamik und von V. Volterra, 1931, über die mathematische Theorie des Überlebens, daß man nicht so streng wie Engels über diesen Transfer des Biologischen auf das Soziale urteilen darf.

# Energie und Überleben

## Notwendigkeit der Systemdynamik

Die Energiekrise hat auf praktische Weise gezeigt, daß die menschliche Gesellschaft auch einen physikalischen Aspekt hat. Jeder Vorgang unterliegt den unerbittlichen Gesetzen der Thermodynamik, denen auch die menschliche Gesellschaft, genau wie jede Maschine und alle Organismen, unterliegt. Nach den Biologen und Ökologen haben das jetzt auch mit einer gewissen Verspätung die Ökonomen begriffen – einigermaßen überrascht, wie es scheint.

Tatsächlich verfügen wir noch nicht lange über alle erforderlichen Kenntnisse, die es uns ermöglichen, den Energieumlauf in der menschlichen Gesellschaft – den Metabolismus des sozialen Organismus und seine grundlegende Funktion zur Selbsterhaltung – zu überblicken.

Außer den Beziehungen zwischen »Anatomie« und »Physiologie« der Gesellschaft zeigt sich jetzt klar die Verknüpfung zwischen Energie, Wirtschaft, Ökologie und Entropie, von der man lange nichts ahnte. Diese Verknüpfung aber läßt nicht nur die möglichen Ursachen der Erkrankungserscheinungen erkennen, sondern vermittelt auch eine Ahnung von den »Heilverfahren«, die man dem System, von dem wir alle abhängig sind, verordnen könnte.

Es hat einige Jahre gedauert, ehe es den Biologen gelang, ein Gesamtbild über den Energiefluß durch und innerhalb der lebenden Systeme zu erarbeiten und eine neue Disziplin ins Leben zu rufen, die man heute *Bioenergetik* nennt. Die biochemischen Lehrbücher für Medizinstudenten basieren allerdings zur Mehrzahl noch auf dem analytischen Gedankengut und beschreiben im einzelnen eher die Funktion von Molekülgruppen, als daß sie die systematische Dynamik der allgemeinen Funktion von Zellen darstellen.

Die Situation erscheint noch trauriger, wenn man das Ökosystem insgesamt betrachtet. Bis heute überwiegt auf diesem Gebiet das fragmentarische analytische Denken. Um die Notwendigkeit eines Globalansatzes zur Erforschung der Regulierung der Energieflüsse innerhalb der Gesellschaft zu betonen, schlage ich deshalb in Fortführung der bioenergetischen Denkweise für diese Art der Forschung den Ausdruck *Ökoenergetik* vor.

Diese Ökoenergetik muß sowohl auf dem Systemansatz als auch auf dem analytischen Ansatz beruhen. Sie muß einerseits zu einer globalen Erforschung der Transformation und der Nutzung von Energie in der Gesellschaft führen. Zum anderen muß sie alle energetischen Umwandlungen, von denen die Funktionen der Produktion, des Verbrauchs und der Wiedergewinnung im sozialen System abhängen, detailliert analysieren. Ziel dieser Ökoenergetik ist das Auffinden der Mittel, die es ermöglichen, Störungen der natürlichen Kreisläufe durch industrielle und wirtschaftliche Tätigkeiten des Menschen künftig zu vermeiden. Sie soll die Basis für eine wirkliche und wirksame Kooperation des Menschen mit der Natur schaffen und für immer die überlebte Idee von der Beherrschung der Natur in die historischen Archive verweisen.

## Geschichte der Energienutzung

### Die Entwicklungssprünge

In den Geschichtsbüchern wird die Sozialgeschichte im allgemeinen mit der politischen und wirtschaftlichen Entwicklung gleichgesetzt. Trotzdem sind auch in der Gesellschaft die Energiegesetze wirksam. Es ist sehr wohl gerechtfertigt, die Geschichte der sozialen Organisationen unter dem Gesichtspunkt der Energie nachzuzeichnen, denn die Energiegesetze sind den politischen und wirtschaftlichen Gesetzen absolut nicht nachgeordnet. Die Energiegesetze bilden die Grundlage für alles; Energie ist erforderlich, um eine Organisation aufrechtzuerhalten; nur Energie ermöglicht Veränderungen und erleichtert den Fortschritt. Und jeder Energieüberschuß schafft die Möglichkeit zu einem Entwicklungssprung. Die vorbiologische Evolution, die Evolutionsetappe, die den ersten Zellen vorausging, liefert hierfür ein ausgezeichnetes Beispiel.

Die ersten Organismen schwammen in einem Urozean, in dem sich über Jahrmillionen energiereiche organische Substanzen angesammelt hatten. Durch Fermentation freigesetzte Energie ermöglichte diesen rudimentären Organismen gerade das Überleben und führte dazu, daß sich in ihrer Umwelt toxische Stoffe ansammelten. Erst die Atmung, gekoppelt mit der Photosynthese, ermöglichte die vollständige Verbrennung organischer Substanzen zu Kohlendioxid und Wasser. Bei dieser Reaktion wird ungefähr viermal soviel Energie frei wie bei der Fermentation. Die Lebewesen hatten also mehr Energie zur Verfügung, als zum Überleben erforderlich war; dieser energetische Überschuß bildete das Anfangskapital des riesigen Unternehmens »Evolution«.

Bei der sozialen Evolution entwickelte sich die Energienutzung durch den Menschen, gewissermaßen als »Domestizierung« der Energie, in drei großen Etappen, deren letzte gerade erst eingesetzt hat.

## Energiekonzentration

Der nomadisierende Jäger der Vorgeschichte war noch ganz den Gewalten seiner Umgebung ausgesetzt: Bränden, Überschwemmungen, Stürmen, der Dürre und wilden Tieren. Da er kaum über die für seinen eigenen Fortbestand erforderliche Energie verfügte, konnte er auch keine Energie zur Bildung und Aufrechterhaltung einer rudimentären sozialen Organisation aufwenden. Es gab nur eine einzige Möglichkeit: Sammeln von Energie aus der Umwelt und Einsatz dieser spärlichen Energiemengen für die bescheidenen Lebensbedürfnisse. Möglichkeiten zur Bildung von Energiereserven gab es noch nicht. (Siehe auch die Zeichnungen über Wirtschaft Seite 30 f.)

Mit dem Aufkommen der Landwirtschaft und der Metallnutzung aber trat die Menschheit in eine Phase der Konzentration von Energie ein.

In Tontöpfen wurde die Lagerung von Getreide und anderen Lebensmitteln möglich. Kanäle und einfache Rohrleitungen führten Energiemengen weiter. Im Herd konzentrierte sich Wärmeenergie, so daß Ton gebrannt und Metall geschmolzen werden konnte. Die Menschen ließen sich in fruchtbaren Tälern nieder und »domestizierten« Sonnenenergie durch Weiterentwicklung landwirtschaftlicher Anbautechniken. Die Lebensmittelvorräte machten die Menschen unabhängig von den Jahreszeiten und gaben ihnen die Möglichkeit zu handwerklicher und schöpferischer Tätigkeit.

Aber die Konzentration der Menschen und der Energie zog unvermeidlich auch eine Kontrolle über die Menschen und die Energie nach sich. Die Nutzung biologischer Energiequellen wurde zu einer Beherrschung des Menschen durch den Menschen. Sklaven, Galeerensträflinge und Leibeigene waren sehr billige und äußerst einfach zu kontrollierende Maschinen.

Die Beherrschung der natürlichen mechanischen Energien gipfelte in der Entwicklung der Segelschifffahrt, dem Bau von Kanälen, Dämmen und Staumauern, der Nutzung von Wind und Wassermühlen. Verbesserte Nutzung von Haustieren, Werkzeugen und Maschinen erleichterte die Gewinnung und die Speicherung von Energiemengen, so daß der Verbrauch stieg und sich die Entwicklung beschleunigte.

## Das Kapital der Erde

Der Übergang zur zweiten Phase der menschlichen Energienutzung trifft zusammen mit der Entdeckung und Nutzung unterirdischer Ressourcen, besonders der Kohle und des Erdöls, die in gewissem Sinn das Energiekapital der Erde darstellen. Es ist eine geradezu explosive Ausbeutung, die aber nur einen kurzen Augenblick lang erfolgen kann.



Die soziale Organisation geht weiter und konzentriert sich in den Städten. Es regieren die Kohle, der Dampf und die Dampfmaschine. Arbeitsteilung entwickelt sich, Fabriken entstehen. Eisenbahnnetze werden gebaut, der transatlantische Schiffsverkehr entsteht. Der Kapitalismus entwickelt sich, es kommt zur Bildung der Arbeiterklasse – einer neuen Form der Unterwerfung des Menschen durch den Arbeitsvertrag.

Eine besonders billige und außerordentlich vielseitig einsetzbare Energieform ist das Erdöl. Seine Nutzung hat eine explosionsartige Ausweitung industrieller Macht, des individuellen Verbrauchs, des Transports und des Nachrichtenwesens zur Folge – aber auch die Zerstörung von Umwelt und von politischen wie wirtschaftlichen Gleichgewichtszuständen.

Angesichts der Krise setzt die Gesellschaft ihre Hoffnung auf die beste Art von Ersatzenergie – die Kernenergie.

Aber diese Energieform ist außerordentlich kostspielig sowohl hinsichtlich des Kapitaleinsatzes als auch in bezug auf die Arbeit und die dazu erforderlichen Informationen, ganz zu schweigen von den durch sie neu entstehenden großen Gefahren. An der Grenze zwischen zwei großen Entwicklungsphasen der Menschheit erfordert die Kernenergie wahrscheinlich eher Ausbeutung von Kapital und Wissen als materielle Ausbeutung irdischer Ressourcen, da der materielle Brennstoffverbrauch bei der Freisetzung von Kernenergie außerordentlich gering ist.

Dieser kurze historische Überblick über die Energienutzung zeigt, daß auch die menschliche Gesellschaft den unerbittlichen Energiegesetzen unterworfen ist. Je komplexer eine Gesellschaft ist, um so größer sind die zu ihrem Unterhalt erforderlichen Energiemengen. In allen natürlichen Systemen entwickelt sich die Organisation weiter, bis zu dem Punkt, an dem die Energiekosten für eine weitere Zunahme der Komplexität gleich dem gesamten Energiebudget sind, über die das betreffende System verfügt. Wenn dieses Budget überschritten wird oder sich die Energiequellen erschöpfen, desorganisieren sich die Systeme und zerfallen.

Das gilt auch für soziale Systeme. In einer komplexen Organisation ist jedes Individuum von anderen Individuen abhängig und eingebunden in ein dichtes Netz wechselwirkender Funktionen, die dem Transfer von Energie, von Materialien und von Arbeitsleistungen dienen. Eine derartige Organisation muß deshalb notwendigerweise einen Teil der zur Verfügung stehenden Energiemengen, die an sich vollständig an alle Individuen verteilt werden sollten, für ihre eigene Existenz aufwenden. Im modernen Gesellschaftssystem muß fast die Hälfte der den Individuen in Form von Löhnen, Einkommensprodukten und Nahrungsmitteln zukommenden Energiemengen wieder an die »Organisation« (also den Staat) in Form von Abgaben und Steuern zurückgegeben werden, damit die Weiterexistenz des sozialen Systems überhaupt möglich ist.

# Die grundlegenden Energiegesetze

## Die Wärmelehre: Quantität und Qualität

Die wichtigen Energiegesetze, die ausnahmslos in jeder Organisation wirksam sind, haben ihre Ursache in den drei Hauptsätzen der Thermodynamik. Der zweite Hauptsatz, der in allgemeiner Form die Grundlage des Carnotschen-Kreisprozesses beschreibt, behandelt den Begriff der *Entropie*. Entropie ist heute aber nicht mehr nur ein physikalischer Begriff, sondern wird auch in der Wissenschaft vom Menschen angewandt. Leider aber benutzen Physiker, Ingenieure und Soziologen Ausdrücke wie Unordnung, Wahrscheinlichkeit, physikalisches Rauschen und Wärme, als wären sie Synonyme des Begriffes Entropie. Es gibt mindestens drei Ansätze zur Definition der Entropie:

1. den Entropiebegriff der *Thermodynamik*, die in erster Linie von Mayer, Joule, Carnot und Clausius begründet wurde; 2. den Entropiebegriff der *theoretischen Statistik*, die die Gleichwertigkeit von Entropie und Unordnung entsprechend der Arbeiten von Maxwell, Gibbs und Boltzmann postuliert, und 3. schließlich den Entropiebegriff in der *Informationstheorie*, die die Äquivalenz von Entropie (invertierter Entropie und Information) aufzeigt und die aus den Arbeiten von Szilard, Gabor, Rothstein und Brillouin hervorging.\*

Die drei Hauptsätze der Thermodynamik beziehen sich nur auf geschlossene Systeme, also Systeme, die mit ihrer Umwelt weder Energie noch Informationen und Materie austauschen. Das gesamte Universum kann als ein solches geschlossenes System betrachtet werden, in dem diese drei Hauptsätze wirksam sind:

Der erste Hauptsatz besagt dann, daß die *Gesamtenergie* im Universum stets *konstant* bleibt (Satz von der Erhaltung der Energie). Der zweite Hauptsatz jedoch stellt fest, daß die *Qualität* dieser Energie sich erniedrigt, Energie also irreversibel vom Zustand der Konzentration in den Zustand allgemeiner Verteilung ohne Temperaturdifferenz überzugehen bestrebt ist (Hauptsatz von der Zunahme der Entropie).\*\*

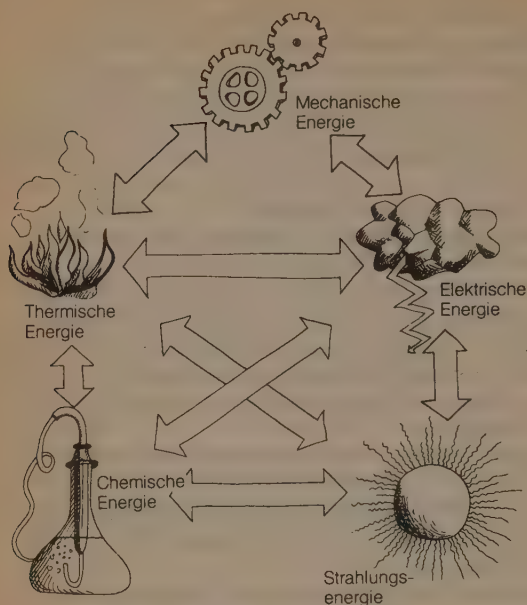
Der erste Hauptsatz postuliert also die Gleichwertigkeit der verschiedenen Formen von Energie (Strahlungsenergie, chemische Energie, mechanische, elektrische und thermische Energie) und die Möglichkeit der

---

\* Ich behandle hier nur den thermodynamischen und statistischen Aspekt der Entropie. Die Beziehungen zwischen Information und Entropie werden im Kapitel über Information kurz behandelt.

\*\* Hier fehlt der dritte Hauptsatz der Thermodynamik, der besagt, daß der absolute Nullpunkt niemals erreicht werden kann und der zwingend für die beiden ersten Hauptsätze ist, den der Autor aber nicht erwähnt. (Anmerkung des Übersetzers.)

Umwandlung einer Energieform in eine andere; er bestimmt die Gesetze, nach denen diese Transformationen ablaufen. Wärme und Energie sind entsprechend dem ersten Hauptsatz zwei Erscheinungen gleichartiger physikalischer Natur, sie sind physikalisch dasselbe.



Um das Jahr 1850 wurde jedoch durch die Arbeiten über den Energieaustausch bei Wärmekraftmaschinen von Lord Kelvin, Carnot und Clausius erkennbar, daß unter den verschiedenen Energieformen eine Hierarchie besteht und eine Dissymmetrie bei deren Transformationen. Diese Hierarchie und diese Dissymmetrie waren die Grundlagen zur Formulierung des zweiten Hauptsatzes.

Mechanische, chemische und elektrische Energie können vollständig in Wärme umgewandelt werden. Aber die Transformation in umgekehrter Richtung, also von Wärme zum Beispiel in mechanische Arbeit, läßt sich nicht vollständig durchführen. Das bedeutet allerdings nicht, daß die Energie »zerstört« sei. Vielmehr ist dieser verlorene Energieanteil nicht mehr zur Arbeitsleistung nutzbar. Diese irreversible Zunahme der *nicht mehr nutzbaren* Energiemenge im Universum mißt man mittels einer abstrakten Größe, die 1865 von Clausius Entropie genannt wurde, nach

dem griechischen Wort *entropé*, das Veränderung bedeutet. Dieser Entropiebegriff ist außerordentlich abstrakter Natur und daher sehr schwer vorstellbar. Wie soll man sich real »degradierte Energie« vorstellen? Was soll diese Hierarchie und diese Degradation?

Es sieht so aus, als bestehe zwischen dem ersten und dem zweiten Hauptsatz ein Widerspruch: Der erste Hauptsatz sagt, Wärme und Energie seien zwei Größen gleicher Natur. Der andere Hauptsatz aber sagt, daß sie das nicht sind, wenn potentielle Energie irreversibel zu einer »niedrigeren« Energieform, zu Wärme, degradiert. Die Lösung des Problems findet sich in der statistischen Theorie. Die Wärme ist sehr wohl eine Energieform, und zwar ist Wärme *kinetische* Energie, Bewegungsenergie, das Ergebnis der Geschwindigkeit der einzelnen Moleküle eines Gases oder der Vibrationen der Atome eines Festkörpers. Als Wärme aber ist diese Bewegungsenergie in einem Zustand maximaler Unordnung, wobei jede Einzelbewegung eines Moleküls oder Atoms neutralisiert wird, entsprechend dem Gesetz der großen Zahl.

Potentielle Energie ist damit geordnete Energie, Wärme dagegen ungeordnete Energie. Die maximale Unordnung aber – ist die Entropie. Als potentielle Energie kann die gemeinsame Bewegung einer großen Zahl von Molekülen, zum Beispiel eines Gases, Arbeit leisten – etwa den Kolben im Zylinder einer Maschine niederdrücken. Als ungeordnete Energie bleibt aber die ungerichtete Bewegung der Moleküle unwirksam, sie bewegen sich gleichzeitig in alle möglichen Richtungen und treten dabei »auf der Stelle«: Energie ist zwar vorhanden, aber nicht zur Arbeitsleistung verfügbar. Man könnte sagen, daß die Summe aller beim Ablauf der Prozesse im Universum verlorenen Wärmeenergiemengen die Zunahme der Entropie darstellt.

Man kann aber auch die Zusammenhänge noch weitergehend generalisieren. Entsprechend der mathematischen Beziehungen zwischen *Unordnung* und *Wahrscheinlichkeit* ist es möglich, von einer Entwicklung in Richtung zunehmender Entropie zu sprechen und dies nach Belieben mit einem der beiden folgenden Sätze auszudrücken: »Wenn man ein isoliertes System sich selbst überläßt, tendiert es zu einem Zustand *maximaler Unordnung*«, oder aber: »Wenn man ein isoliertes System sich selbst überläßt, tendiert es zu einem Zustand größter *Wahrscheinlichkeit*.« Die einander gleichwertigen Aussagen können, wie folgt, zusammengefaßt werden:

Potentielle Energie	→ Entropie
Geordnete Energie	→ Ungeordnete Energie (Wärme)
Höhere Energieform	→ Wärme als degradierte Energie
Ordnung	→ Unordnung
Unwahrscheinlichkeit	→ Wahrscheinlichkeit

Die Entwicklung der Begriffe Entropie und Irreversibilität hatte ungeheure Wirkungen auf unser Weltbild zur Folge. Die noch aus der Antike stammende Vorstellung, daß sich die Abläufe unablässig wiederholen, wurde dadurch abgelöst; der Vorstellung der biologischen Evolution über die Geschlechterfolgen wurden die Begriffe der Ordnung und der Organisation entgegengesetzt; der Begriff der Entropie öffnete indirekt einer Philosophie der Entwicklung und des Fortschritts den Weg.

Andererseits aber hat die Vorstellung vom Wärmetod im Universum, die sich aus dem zweiten thermodynamischen Hauptsatz zwingend ergibt, unsere Philosophie, unsere Moral, unser Gesamtweltbild, ja sogar unsere Kunst sehr beeinflußt. Denn der Gedanke, daß aufgrund der Natur der Dinge selbst die einzig mögliche Zukunft und die letzte Bestimmung des Menschen die endgültige und unausweichliche Stagnation aller Geschehnisse sei, hat sich lähmend auf unsere gesamte Kultur ausgewirkt und Leon Brillouin zu der Frage veranlaßt: »Wie ist es noch möglich, das Leben zu verstehen, wenn die gesamte Welt von einem Gesetz wie dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik bestimmt wird, dessen Ziel Tod und Ende aller Ereignisse ist?«

## **Energie, Leistung und Auslösevermögen**

Arbeitsleistung ist nur möglich, wenn in einem Speicher *konzentrierte*, das heißt potentielle Energie vorhanden ist, zum Beispiel in der Sonne, im Tank eines Kraftfahrzeugs, in einem Stausee, einem Akkumulator oder als gespannter Dampf in einem Kessel. Diese Energie muß dann aus diesem Energiereservoir in ein »Sink« fließen, also sich in der Umwelt unter Entropiezunahme verteilen. Die von Carnot aufgefundenen Gesetze weisen nach, daß dieser Energieverlust Voraussetzung für den Betrieb jeder Maschine ist. Je höher das potentielle Energiegefälle ist, um so größer ist die Energiemenge, die freigesetzt werden kann. Bei einer Wärmekraftmaschine verläuft dieser Energiefluß von der heißen Energiequelle, also zum Beispiel vom Dampfkessel, in das kalte »Sink«, also den Kondensator, der die Wärme an das Kühlwasser aus einem Fluß abgibt. (Vom Übersetzer etwas ergänzt.)

Aus dem Gesetz über die Potentialdifferenz geht hervor, daß die Flußgrößen aus einem Reservoir von den gespeicherten Mengen abhängig sind. So hängt zum Beispiel die Stromstärke in einem Stromkreis von der Potentialdifferenz zwischen den Anschlüssen des elektrischen Generators und dem Widerstand im Stromkreis ab. Der Zinsrückfluß, der von einer bestimmten, investierten Kapitalmenge hervorgerufen wird, ist proportional dem Kapitalwert.

Die in einer bestimmten Zeiteinheit freigesetzte Energiemenge ist die *Leistung*. Leistung ist ein sehr allgemeiner Begriff. Man spricht von der



Leistung eines elektrischen Generators, einer Lokomotive, der Sonneneinstrahlung, aber auch von der Leistung eines Landes, einer Armee, der Wirtschaft oder einer politischen Gruppierung. Aber um Leistung (aus einer vorhandenen Energiemenge) freizusetzen, bedarf es seltsamerweise nur einer sehr geringen zusätzlichen Energiemenge, nämlich der Steuer- oder Auslöseenergie, das heißt einer *Information*. Die Möglichkeit, große Energiemengen aufgrund der Verstärkerwirkung der Information freizugeben, wird Auslösevermögen genannt. *Auslösevermögen ist damit ein Kontrollfaktor für Leistung.\**

Die Verstärkerwirkung der Information verändert das Kräfteverhältnis. Entscheidungsgewalt bedarf vor ihrer praktischen Anwendung einer sorgfältigen Abwägung der Kräftegleichgewichte. Aus diesem einfachen Grund ist es erforderlich, daß eine Gesamtheit, eine Majorität ihre Entscheidungsgewalt delegiert, vielfach auf eine einzige Person.

### **Geringerer Wirkungsgrad für höhere Leistung**

1922 formulierte A.-J. Lotka ein interessantes Gesetz über das »Energie-maximum«, das auf die biologische Evolution angewandt wurde. Das Gesetz besagt, daß einer der offensichtlich wichtigsten Faktoren für das Überleben eines Organismus die Produktion der größtmöglichen Energiemenge ist. Diese Energie wird zur Aufrechterhaltung der Struktur, zur Reproduktion und zum Wachstum genutzt. Freisetzung maximaler Energie ist damit eine *Grundbedingung für das Überleben* im Lebenskampf. Dieses Gesetz ist auch auf die menschlichen Organisationen anwendbar. Leistung und Wachstum erscheinen damit als die beiden grundlegenden Faktoren der Autoselektion in einem System. Aber Leistungsfreisetzung ist nur möglich durch Verlust von Energiemengen. Dieser Verlust resultiert aus dem sinkenden Wirkungsgrad der metabolischen Prozesse. Der Wirkungsgrad stabilisiert sich auf einem bemerkenswert konstanten Wert, selbst in sehr verschiedenartigen offenen Systemen.

In allen offenen Systemen läuft der Energietransfer über Kopplungsprozesse ab: Der Input eines Systems entspricht dem Output eines anderen, vorhergehenden Systems. Die Beobachtung zahlreicher Reaktionen zeigt, daß es einen optimalen Wirkungsgrad für die Kopplung gibt. Maximale Leistung wird übertragen, wenn der Wirkungsgrad der Kopplung 50 Prozent beträgt. Zur Erklärung hierfür ein einfaches Beispiel:

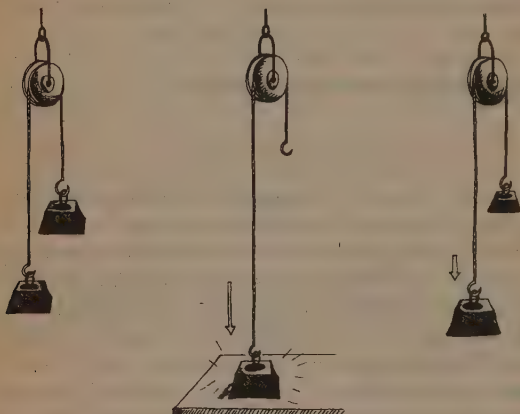
Ein Gewicht, das an einem Seil hängt, das über eine Rolle läuft, kann dazu

---

\* Anmerkung des Übersetzers: Für das Wort »pouvoir« gibt es in diesem Zusammenhang keinen eindeutigen deutschen physikalischen Begriff, an die Stelle von Auslösevermögen kann daher auch der Begriff Verstärkungsfaktor gesetzt werden.

genutzt werden, ein anderes Gewicht am anderen Ende des Seils hochzuziehen. Hierbei handelt es sich um eine Kopplung: Die potentielle Energie des niedergehenden Gewichtes wird durch seine Bewegung nach unten in kinetische Energie umgesetzt und wieder als potentielle Energie in dem nach oben gehenden Gewicht gespeichert. Der Energiefluß vom niedergehenden Gewicht ins hochgehende Gewicht leistet Arbeit.

Bei zwei gleich schweren Gewichten kommt es aber offensichtlich zu keiner Bewegung, keine Arbeit wird geleistet, keine Energie umgespeichert. Der Kopplungsgrad beträgt jetzt 100 Prozent; wäre in diesem idealen Kraftübertragungssystem eine Bewegung möglich, so würde die vom einen, niedergehenden Gewicht abgegebene Energie im anderen, hochgehenden Gewicht vollständig und ohne Verlust gespeichert.



Nun betrachten wir den anderen Extremfall: Das Gewicht am rechten Seilende ist gleich Null (siehe Zeichnung), es hängt an diesem Seilende überhaupt kein Gewicht. Jetzt fällt das Gewicht links frei nieder; seine gesamte kinetische Energie wird im Moment des Auftreffens auf dem Boden in Wärmeenergie umgesetzt und ist damit verloren. Es wird keinerlei Energie gespeichert.

Aus diesen beiden Grenzfällen ergibt sich, daß es nur eine Anordnung gibt, die es ermöglicht, Energie in einer *minimalen Zeitspanne* freizusetzen und gleichzeitig zu speichern: Das ist dann der Fall, wenn das rechte Gewicht genau halb so schwer wie das linke ist. Auch in diesem Fall sinkt das linke Gewicht nieder und trifft auf den Boden auf; hierbei wird ein Teil der Energie in Wärme umgesetzt, gleichzeitig aber ergibt sich höchstmögliche Hebeleistung am rechten Gewicht bei geringstmöglichem Lei-

stungsaufwand. Wenn dieses rechte Gewicht schwerer wäre, würde der Prozeß langsamer ablaufen: Die umgesetzte Leistung wäre geringer. Wäre das rechte Gewicht leichter, so würde *mehr Energie* beim Auftreffen des linken Gewichts am Boden in Wärme umgesetzt und verlorengehen, der Wirkungsgrad der Energieumsetzung wäre in beiden Fällen weitaus geringer.

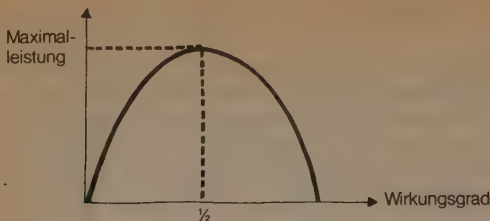
Die Verallgemeinerung dieses Prinzips für alle Arten irreversibler Prozesse in offenen Systemen wurde in den fünfziger Jahren von Physikern verwirklicht, die sich mit der »Thermodynamik irreversibler Prozesse« befaßten. Ihre Arbeiten zeigten, daß Größen wie das Volt, der Temperaturgradient, Gewicht oder Konzentrationen als thermodynamische *Kräfte* (Potentiale) betrachtet werden können. Verknüpft mit jeder dieser Kräfte ist ein *Fluß*, dessen Geschwindigkeit proportional der Kraft ist, die ihn hervorruft. Dieser Fluß kann entsprechend der vorgenannten Beispiele ein elektrischer Strom, ein Wärmefluß, die Fahrgeschwindigkeit eines Automobils oder ein Molekülstrom sein. Wir begegnen hier also wiederum Zustandsvariablen, Flußvariablen und deren Kontrolle.

Eine äußerst interessante Analogie zum Gesetz der optimalen Leistungsübertragung zeigt sich auf dem Gebiet des Informationswesens. Die Leistungsfähigkeit einer mit Computer arbeitenden Datenbank läßt sich als die Maximalzahl nutzbarer Informationen angeben, die in der kürzest möglichen Zeit ausgegeben werden. Wenn nun die an die Datenbank gerichtete Anfrage des Operators sehr präzise gehalten ist, erhält dieser nur eine geringe Zahl von Antworten, die zwar äußerst nutzbar und exakt sind, jedoch geht der Operator dann das Risiko ein, daß ihm viele andere Antworten entgehen, die seine Anfrage ebenfalls betreffen können. Wird die Frage allgemeiner, das heißt also, unpräziser gestellt, so wird auch eine größere Anzahl von Antworten ausgegeben, von denen einige nutzbar, andere aber nicht von Interesse sind. In diesem Fall muß der Operator beträchtliche Zeit aufwenden, um die Antworten des Rechners auszuwerten. Aus der Praxis ergibt sich nun, daß der Wirkungsgrad dann optimal ist, wenn etwa 50 Prozent der ausgegebenen Antworten »Rauschen« darstellen, das heißt, aus unnutzbaren Informationen bestehen. Dem Operator wird in diesem Fall ein Kompromiß angeboten, der ihm die Sicherheit gibt, sehr rasch praktisch alle Antworten zu erhalten, die nützlich sein könnten.

Dies muß er aber mit 50 Prozent »Rauschen«, also dadurch bezahlen, daß er die Hälfte aller erhaltenen Antworten nicht gebrauchen kann.

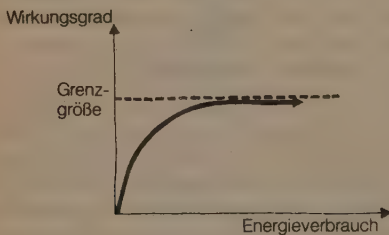
Ganz allgemein besagen die Gleichungen, daß bei allen miteinander gekoppelten Prozessen maximale Leistung dann übertragen wird, wenn das Verhältnis der Kräfte 1:2 ist. Dies wiederum bedeutet, daß der Mensch (wie auch Pflanzen und Tiere) *den maximal möglichen Wirkungsgrad der maximal erhaltbaren Leistung opfert*. Dieses sehr einfache und

sehr allgemeine Gesetz,\* das gleichermaßen auf physikalische, biologische und soziale Systeme anwendbar ist, läßt sich graphisch wie folgt darstellen:



### Vergebliche Bemühungen

Auch das Gesetz des fallenden Wirkungsgrads, Wirtschaftswissenschaftlern wohl bekannt, hat Gültigkeit für eine große Zahl von Systemen. Wenn eine Größe sich durch Multiplikation mehrerer Faktoren ergibt, genügte es, die Zunahme eines dieser Faktoren zu begrenzen, um das Gesamtergebnis asymptotisch gegen eine unüberschreitbare Grenzgröße zu führen. Die mathematische Funktion, die sich aus diesem Gesetz ergibt, stellt eine Hyperbel dar. Obwohl die Größen, die auf der horizontalen Achse aufgetragen sind, zunehmen, steigt der Wirkungsgrad, der auf der vertikalen Achse aufgetragen ist, nicht weiter.



Man begegnet diesem Gesetz in der Biologie zum Beispiel bei der Sättigung der aktiven Stellen von Enzymmolekülen, in der Landwirtschaft, in der trotz massiven Einsatzes fossiler Brennstoffe der Energiewirkungsgrad der landwirtschaftlichen Prozesse, gemessen in Kalorien pro

\* Die Identifizierung von Flüssen und Kräften in sozialen und ökologischen Systemen ist noch ziemlich neu; Ökologen wie Howard Odum ist die Aufdeckung einer großen Zahl von Prozessen in diesem Zusammenhang zu verdanken.

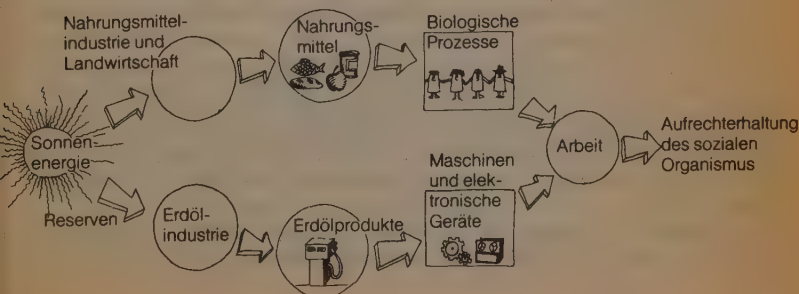
Kopf, eine Grenzgröße erreicht, ebenso bei der Segelschiffahrt, bei der von einer bestimmten Geschwindigkeit an eine Vergrößerung der Segelfläche trotz aller Anstrengungen der Mannschaft nur noch eine winzige Geschwindigkeitszunahme erbringt.

Aus dem Gesetz des fallenden Wirkungsgrads ist ein sehr schwerwiegender Schluß zu ziehen: In vielen Organisationen, Unternehmen, Arbeitsteams und dergleichen wird über längere Zeit, und ohne daß dies offen in Erscheinung tritt, die Grenze des möglichen Wirkungsgrads erreicht. Man versucht dann weiterhin, Wirksamkeit und Effektivität durch Einfallsreichtum und den Einsatz erhöhter Energiemengen oder bedeutender materieller und personeller Mittel zu steigern und – übersieht dabei den limitierenden Faktor vollkommen.

## Stoffwechsel und Abscheidung sozialer Organismen

### Proteine und Erdöl

Wie jeder lebende Organismus setzt auch die menschliche Gesellschaft Energie um, sie speichert, verteilt und degradiert Energie zum Überleben. Dieser Energiemetabolismus umfaßt die gesamte biologische Maschinerie, die menschliche wie die tierische, alle mechanischen und elektronischen Maschinen und Geräte, mit deren Hilfe der Mensch seine sozialen Aufgaben erfüllt. Die biologische Maschinerie wird mit Hilfe der Nährstoffe, eine mechanische Maschine mittels Erdöl oder Elektrizität, ganz allgemein mit Hilfe fossiler Brennstoffe, betrieben. Diese biologische Maschinerie und der globale Gesamtbestand der mechanischen und elektronischen Maschinen und Geräte formen diese Energie in nutzbare Arbeit um. Der Leistungsbedarf eines Menschen beim normalen Gehen beträgt etwa 200 Watt. Sein minimaler Energiebedarf zur Aufrechterhaltung des Lebens beläuft sich auf rund 1320 Kcal. pro Tag.





Bei mäßiger Tätigkeit ist eine Energiemenge von 2500 Kcal pro Tag erforderlich.\*

Durch die Nutzung des Feuers hat der prähistorische Mensch täglich etwa 4000 Kilokalorien, das Doppelte der notwendigen Stoffwechselenergie seines Körpers, verbraucht. In einer primitiven Ackerbaugesellschaft verbraucht der einzelne Mensch durchschnittlich 12 000 Kilokalorien pro Tag; am Beginn des industriellen Zeitalters betrug der Tagesverbrauch pro Kopf durchschnittlich bereits 70 000 Kilokalorien. Heute verbraucht ein Bürger der Vereinigten Staaten am Tag rund 230 000 Kilokalorien. Die amerikanische Bevölkerung nutzt insgesamt 30 Prozent der gesamten, auf der Erde freigesetzten Energie, obwohl sie nur 6 Prozent der Erdbevölkerung ausmacht.

Die biologische Maschinerie eines Landes wie Frankreich umfaßt 50 Millionen Individuen (ohne die Haustiere). Diese Bevölkerung leistet jährlich  $4,3 \times 10^{10}$  Arbeitsstunden; das entspricht fünf Millionen Arbeitsjahren\*\* und benötigt allein an körperlichem Energieumsatz  $45 \times 10^{12}$  Kilokalorien jährlich.

Es werden täglich 35 000 Tonnen an Abfällen produziert; einschließlich der Abfallstoffe aus Wirtschaft und Handel kommt jährlich eine Abfallmenge von 25 Millionen Tonnen zusammen. Der Energieverbrauch pro Kopf betrug 1973 insgesamt 32 Millionen Kilokalorien; der Gesamtenergieverbrauch Frankreichs belief sich in dem betreffenden Jahr auf  $1,6 \times 10^{15}$  Kilokalorien.

Wenn man von dem biologischen Energieverbrauch durch Stoffwechselvorgänge absieht, wird die von den Menschen aufgebraachte Energiemenge von den eingesetzten Maschinen jeglicher Art verbraucht. Der globale Energieverbrauch betrug 1974  $5,8 \times 10^{16}$  Kilokalorien und wird mit großer Wahrscheinlichkeit bei einer angenommenen Steigerungsrate von 5 Prozent im Jahr Ende dieses Jahrtausends  $10^{17}$  Kilokalorien erreichen. Der globale Energiefluß im sozialen Organismus folgt dem »Gesetz des optimalen Wirkungsgrades« aller offenen Systeme (siehe Seite 121): Der globale Energiewirkungsgrad des sozialen Systems scheint sich bei 50 Prozent zu stabilisieren. Dieser Wert entspricht der maximalen Leistungsfreisetzung, die sich aus der Intensität ihres Energiestoffwechsels ergibt. In allen entwickelten Ländern stößt man offensichtlich auf diesen globa-

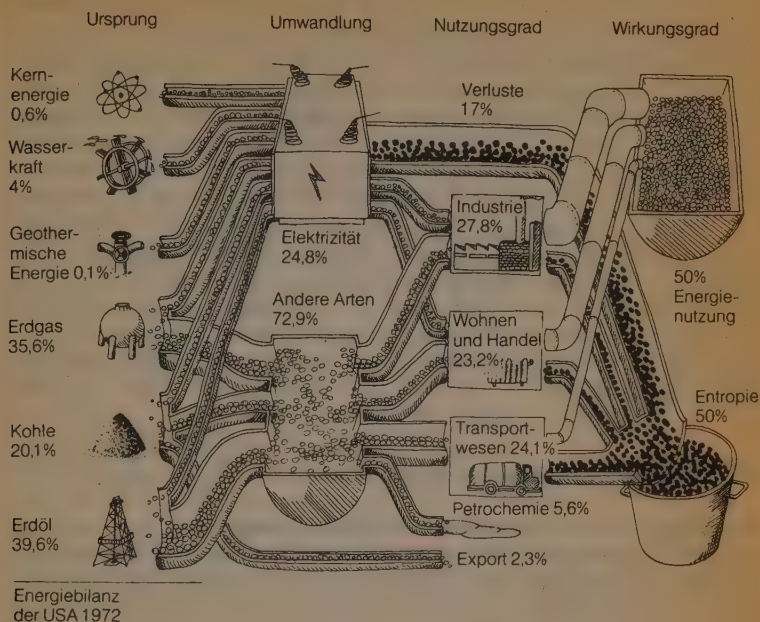
---

\* Entsprechend der Gesetzgebung über die SI-Maßeinheiten ist in der Bundesrepublik ab 1. 1. 1977 die Maßeinheit Kalorie durch die Maßeinheit Joule zu ersetzen. Eine Kalorie = 4,1868 Joule. (Anmerkung des Übersetzers.)

Eine Kilokalorie ist das Tausendfache einer Kalorie, der Energiemenge, die nötig ist, um einen Kubikzentimeter Wasser von 15 Grad Celsius auf 16 Grad Celsius zu erwärmen.

\*\* In Frankreich befinden sich 20 900 000 Personen im Arbeitsprozeß, jeder Arbeitstätige leistet monatlich durchschnittlich 173 Arbeitsstunden.

len Wirkungsgrad von 50 Prozent. Die unten stehende Schemazeichnung über die Energienutzung in der amerikanischen Gesellschaft illustriert dies.



## Ein Wassertropfen im Ozean?

Bei jedem Stoffwechselvorgang entstehen Abfälle, und die Entropie steigt. Aber mit der Zunahme des Energieverbrauchs und der steigenden Stoffwechselintensität im sozialen System nimmt die Einwirkung des Menschen auf die Natur alarmierende Ausmaße an. Unmittelbare Folgen davon sind die umfassenden Krisen, mit denen unsere Industriegesellschaft heute fertig zu werden hat: der Energiekrise (die auch eine Rohstoffkrise ist), der Ernährungskrise und der Umweltkrise.

Die Gesamtmenge an gasförmigen, flüssigen und festen Abfällen der Stoffwechselvorgänge des sozialen Organismus erreichen heute Größenordnungen, die mit den umgesetzten gesamten Elementmengen im Ökosystem durchaus vergleichbar sind. Die Zeiten sind vorbei, in denen uns die entstehenden Abfallmengen angesichts des Umfangs der natürlichen Prozesse noch wie ein Wassertropfen im Ozean erscheinen konnten.

Heute können wir die Gesamtmengen an Wasser, Stauerstoff, Kohlenstoff, Stickstoff, Schwefel und dergleichen, die in den Reservoirs des Ökosystems vorhanden sind, genau berechnen. Man kann deshalb diese Mengen mit den durch menschliche Aktivität freigesetzten Massen vergleichen. Die Ergebnisse zeigen, daß der Mensch in einen direkten Wettbewerb mit der Natur getreten ist. Dazu zwei Beispiele: Durch alle Atmungsvorgänge in der Natur werden jährlich 720 Milliarden Tonnen Kohlendioxid freigesetzt. Die Gesamtmenge an Schwefel in der Atmosphäre und in den biochemischen Kreisläufen beträgt 500 Millionen Tonnen pro Jahr. Die Menschen geben jedoch heute 19 Milliarden Tonnen an Kohlendioxid ab, die in erster Linie durch die Verbrennung von fossilen Brennstoffen entstehen. Im Jahr 1980 wird die jährliche CO<sub>2</sub>-Produktion durch den Menschen 26 Milliarden Tonnen erreichen. Die durch die Industriegesellschaft freigesetzten Kohlendioxidmengen betragen damit nahezu 4 Prozent der Gesamtmenge. Die Produktion von Schwefeldioxid, in erster Linie durch die Verbrennung von Erdöl, ist bis 1973 auf 150 Millionen Tonnen gestiegen. Im Jahr 2000 wird der Anteil durch menschliche Tätigkeit ebenso groß sein wie die natürliche Produktion an Schwefeldioxid.

### **Abwärme, Partikelimmission und Kohlendioxid**

Alle Energie wird schließlich zu Wärme, die zunächst in der Biosphäre und im Wasser gespeichert, dann an die Atmosphäre abgegeben und schließlich in den Raum abgestrahlt wird. Die von den Menschen freigesetzte Gesamtwärmemenge läßt sich leicht berechnen; sie ergibt sich direkt aus dem gesamten Energieverbrauch, der uns gut bekannt ist (siehe Seite 76).

Die Klimatologen sind der Ansicht, daß einschneidende globale Klimaveränderungen eintreten müssen, wenn die vom Menschen freigesetzte Wärmemenge ein Prozent der Sonnenenergieeinstrahlung erreicht. 14 Einzelstaaten in Nordwestamerika, die 40 Prozent der Gesamtenergie in den Vereinigten Staaten verbrauchen, geben aber bereits 1,2 Prozent der auf ihrer Fläche eingestrahnten Sonnenenergie als Abwärme ab. Dieser Prozentsatz wird sich bis zum Jahr 2000 auf fünf Prozent erhöhen – auf den Wert, der heute schon auf dem Gebiet von Manhattan erreicht ist. Lokale Klimaveränderungen zeigen sich zum Beispiel als Wolkenbildung über der Wärmeglocke großer Wärmekraftwerke. Eine Kraftwerkanlage mit 20 000 Megawatt Leistung kann Stürme und Platzregen auslösen, wie eine 1973 in St. Louis erarbeitete Studie zeigt. Auch die Veränderung des Mikroklimas der großen Städte ist bereits überdeutlich spürbar. Und dabei steigt der Energieverbrauch noch immer exponentionell; die Verbrauchszunahme beträgt jährlich rund 4 Prozent in den USA und 6 Pro-

zent in den übrigen Teilen der Welt. Bei dieser Entwicklungsgeschwindigkeit wird der Grenzwert von einem Prozent im globalen Durchschnitt in 130 Jahren erreicht.

Zu den Auswirkungen der Abwärme kommt der Treibhauseffekt des Kohlendioxids. Die kurzwellige Sonnenstrahlung kann das Kohlendioxid in unserer Atmosphäre leicht durchdringen und die Erdoberfläche erreichen. Aber die infrarote, reflektierte Strahlung von der Erdoberfläche aus wird vom Kohlendioxid absorbiert und trägt damit zur Aufheizung der Atmosphäre bei. Der Kohlendioxidgehalt der Atmosphäre erhöht sich durch die menschlichen Aktivitäten jährlich um 0,2 Prozent. Der daraus entstehende Gewächshauseffekt hätte eine Zunahme der mittleren globalen Jahrestemperatur hervorrufen müssen, tatsächlich aber registriert man etwa seit dem Jahr 1940 eine globale Abkühlung.

Eine Erklärung für diese widersprüchliche Situation findet sich vielleicht in den Faktoren, die die Reflektion der Sonneneinstrahlung auf der Erdoberfläche erhöhen. Diese Oberflächenreflektion wird *Albedo* genannt. Die Ausgleichsfunktion der Albedo ist ein wesentlicher Faktor für die Aufrechterhaltung des thermischen Gleichgewichts auf unserem Planeten. Sie hat zur Folge, daß sich die Temperatur auf der Erde in gleicher Höhe hält. Die Temperaturunterschiede zwischen den Äquator- und Polgebieten sind äußerst konstant.

Aus fotografischen Aufnahmen durch Wettersatelliten ergibt sich nun seit etwa drei Jahren, daß die eisbedeckte Fläche der nördlichen Hemisphäre sich gegenüber den vorhergehenden Jahren um rund 12 Prozent vergrößert hat. Das Eis bildet sich im Jahreszyklus rascher und schmilzt später. Seit 1972 und 1973 sind die Unterschiede recht markant. Seit diesen Jahren beobachtet man nach den Angaben des *Bulletin of the World Meteorologic Organization* eine anormale Klimasituation.

Nach Ansicht des Leiters des Instituts für Umweltforschung an der Universität von Wisconsin, Reid Bryson, ist die Abkühlung der Erde auf die zunehmende Menge der in der Atmosphäre suspendierten Partikeln und Aerosole zurückzuführen. Die in der Atmosphäre dispergierten Partikeln stammen aus natürlichen Quellen, wie Vulkanen, Wüstenwinden und Salzflächen, zum großen Teil aber auch aus menschlichen Aktivitäten. Die Gesamtmenge solcher Partikeln beträgt gegenwärtig 296 Millionen Tonnen, davon stammen vier Millionen Tonnen aus Vulkanen. Von dieser Gesamtmenge befinden sich 15 Millionen Tonnen ständig in den oberen Atmosphärenschichten. Zusätzliche zwei Millionen können die globale Temperatur an der Erdoberfläche um 0,4 Grad Celsius reduzieren. Deshalb ist offensichtlich die Auswirkung der festen Partikeln auf die Transparenz der Atmosphäre von größerer Bedeutung als der zunehmende Treibhauseffekt infolge des steigenden Kohlendioxidgehalts. Aber es kommt noch ein dritter Faktor hinzu: Die Zunahme der Albedo wirkt sich stärker abkühlend auf die Polzonen als auf die tropischen



Zonen aus, weil die Sonnenstrahlung in den Polzonen schräg in die Atmosphäre eintritt und eine größere Strecke durch die Atmosphäre mit ihren Schwebeteilchen zurückzulegen hat. Daraus ergibt sich eine erhöhte Temperaturdifferenz zwischen Polen und Äquator. Der thermische Mechanismus der Erde sucht jedoch diese Unterschiede auszugleichen. Das hat verstärkte Umschichtungen durch Winde und klimatische Störungen zur Folge. Trotz dieser beunruhigenden klimatologischen Veränderungen ist weder Dramatisierung angebracht noch gar Verzweiflung. Zunächst einmal ist es noch keineswegs sicher, daß die erwähnten Abweichungen allein auf die Faktoren, die hier dargestellt wurden, zurückzuführen sind. Möglicherweise gibt es zyklische Phasen der mittleren Temperatur der Erde, die noch kaum bekannt sind. Weiterhin ist das Ökosystem nicht statischer Natur, sondern befindet sich im Gegenteil in dynamischem Gleichgewicht. Seine vielfältigen stationären Zustandsformen können sich den Veränderungen anpassen, die durch Störungen menschlicher Tätigkeiten hervorgerufen werden. So wird möglicherweise das Kohlendioxid, dessen Gehalt in der Atmosphäre unablässig ansteigt, allmählich wieder in Karbonate und organische Materie umgesetzt, mit anderen Worten, die zusätzlichen Kohlendioxidmengen in den Sedimenten und im Holz der Waldungen werden gespeichert.

## Wirtschaft und Ökologie

### Wirtschaft als Wissenschaft vom Leben

Die illusionäre Idee eines ständigen wirtschaftlichen Wachstums beruht wahrscheinlich auf der falschen Vorstellung, die Wirtschaft sei ein für sich betrachtbarer zyklischer Prozeß, der nicht den physikalischen Energiegesetzen gehorche und bei dem es keine steigende Entropie gäbe. Der Gegensatz zwischen dem Geldkreislauf und dem Energiekreislauf (beide laufen ja im gegensätzlichen Drehsinn um) sowie die Möglichkeit, Geld zu schöpfen, haben wahrscheinlich dazu beigetragen, diese falsche Vorstellung zu nähren.

Heute wird uns die Rechnung für das Wachstum präsentiert. Sie ist recht hoch. Die natürlichen Ressourcen erschöpfen sich; die Umwelt wird zerstört, und die Ungleichheiten sind weit davon entfernt, gegenseitigen Ausgleich zu finden; sie sind heute noch viel ausgeprägter.

Denn tatsächlich ist die Wirtschaft keineswegs ein zyklischer Prozeß. Der sogenannte Wirtschafts»kreislauf« ist in Wirklichkeit ein irreversibler, in eine Richtung zielender Ablauf, wie bei allen offenen Systemen: Es handelt sich auch hier im Grund um Energiedegradierung und Zunahme der Entropie. Aufgrund der klassischen Definition der Wirtschaft ist es nicht weiter verwunderlich, daß die Relation zwischen Wirtschaft und



Ökologie und – noch viel weitergehend – zwischen Wirtschaft, Energie und Ökologie sowie zwischen Wirtschaft und Entropie lange nicht klar erkannt werden konnte.

Wirtschaft ist nach klassischer Auffassung Verteilung des Mangels. Aber die grundlegende Ressource, deren Knappheit letztendlich den Mangel an jeglichen anderen Gütern oder Ressourcen bedingt, ist die *freie Energie*, die man auch thermodynamisches Potential nennen kann.\*

Die ökonomischen Vorgänge in biologischen und ökologischen Systemen sind ausschließlich entsprechend der Größe dieser grundlegenden Ressource ausgerichtet. Die Wirtschaft beruht also auf der Energie als Hauptressource und auf der sorgfältigen Nutzung von Informationen zur »Organisierung« von Energie in Stoffen, die unmittelbar durch Zellen, Organismen und den verschiedenen Arten innerhalb des Ökosystems assimiliert werden.

Eine systemdynamische Betrachtung der Prozesse, die die Wirtschaft und die Ökologie miteinander verknüpfen, muß deshalb endlich versuchen, den Begriff des »Geldwertes« hinter sich zu lassen, ihn mit dem Begriff der »Energiekosten« zu vervollständigen und die letzteren in einer universellen Energieeinheit auszudrücken. Diese Einheit kann die Kilokalorie sein. Sie erlaubt auf energetischer Basis den Vergleich biologischer, ökologischer und sozioökonomischer Systeme. Die unten stehende Tabelle vermittelt einige Größen von Werten in Kilokalorien (Kcal):

Sonneneinstrahlung	$3,7 \times 10^{18}$	Kcal/Tag
Gesamtenergieverbrauch auf der Erde 1974	$58 \times 10^{15}$	Kcal
Nahrungsmittelverbrauch in Frankreich jährlich	$45 \times 10^{12}$	
Notwendige Energie zur Herstellung von:		
1 Tonne Aluminium	$50 \times 10^6$	
1 Tonne Papier	$10 \times 10^6$	
1 Tonne Stahl	$7,5 \times 10^6$	
1 Tonne Zement	$2,2 \times 10^6$	
1 Tonne Erdöl (Gewinnung)	$1,3 \times 10^6$	
Herstellung eines Kraftwagens von 1,5 Tonnen	$32 \times 10^6$	
Ernährung eines Menschen, 30 Jahre lang (Erhaltung)	$32 \times 10^6$	
Energiebedarf eines Menschen, täglich	2 500	Kcal/Tag
Energiegehalt eines Liter Benzin	10 000	Kcal
Energiekosten pro Passagier eines Atlantikflugs	$6 \times 10^6$	

## Die Kilokalorie als universelle Werteinheit

Die Bestimmung des wirtschaftlichen Wertes einer Kilokalorie hat Schlüssel-funktion für die Ökoenergetik. Wenn man zum Beispiel von den mathematischen Kurven ausgeht, die die Beziehung zwischen National-

\* Siehe Definition der freien Energie, Seite 134 unten (Fußnote).

produkt und dem Energiebedarf pro Kopf darstellen, läßt sich der Wert (in Dollar einer Kilokalorie) in erster Näherung festlegen.

1971 hat H. Odum einen Äquivalenzwert von einem Dollar für 10 000 Kilokalorien vorgeschlagen. Heute ist wahrscheinlich ein Dollar nur noch 5–7000 Kilokalorien wert. Dennoch läßt solch eine näherungsweise Wertbestimmung einen höchst aufschlußreichen Vergleich des Energieflusses mit dem Geldfluß zu. Er ermöglicht auch die Bestimmung der Kosten nicht wirtschaftlicher Werte, wie etwa der Bäume eines Waldes, des Wassers oder des Sauerstoffes. In gleicher Weise verhilft der Vergleich von Geldeinheiten in Dollars mit Energieeinheiten in Kilokalorien zur Klärung des Begriffs der Energieintensität, worunter wir den Energiebedarf bestimmter industrieller Prozesse verstehen. Dieser Bedarf ergibt sich aus dem Verhältnis zwischen verbrauchten Kilokalorien und dem Wertzuwachs.\*

Eine sehr energieintensive Industrie verbraucht etwa 50 000 Kilokalorien pro Dollar Wertzuwachs.

Bei jeder zur Aufrechterhaltung der Strukturen eines Ökosystems notwendigen Funktion werden die Rekompensierungsvorgänge, die auf wechselseitigen Nutzen der verschiedenen Arten oder Gemeinschaften ausgerichtet sind, in Rückkopplungskreisen verstärkt. Die Tiere geben an die Pflanzen wieder die mineralischen Substanzen ab, die zum Pflanzenwachstum genutzt werden. Die »Arbeit« der Tiere (durch Aufspüren von Nahrung, Zerstörung durch Fressen, Kontrolle bestimmter Beutearten und durch Informationstransfer) ist ein geleisteter »Service« an das Ökosystem, der den Tieren wieder in Form von Nahrungsmitteln »gezahlt« wird.

Zwischen den Produzenten und den Konsumenten im Ökosystem findet ein Ausgleich in Kilokalorien statt. Die Produzenten werden zu verstärktem Wachstum angeregt, wenn der Rückfluß mineralischer Substanzen größer als der Fluß der von den Produzenten synthetisierten Nährstoffe an die Verbraucher ist. Umgekehrt werden die Konsumenten zum Wachstum angeregt, wenn der Nährstofffluß an die Konsumenten höher ist als der Fluß mineralischer Substanzen zurück zu den Pflanzen. Alle im gegenseitigen Gleichgewicht stehenden Wechselwirkungen müssen sich auf den sich selbst stimulierenden Regelkreis stützen. Mit anderen Worten heißt das, daß die innerhalb dieser Regelkreise wirksam werdenden Faktoren rekompensiert werden müssen. Diese Stimulierung der Transformationsfaktoren kann quasi als eine individuelle »Ummotivation« betrachtet werden. Ohne Rekompensierung oder Stimulierung kommt ein Energiekreislauf zum Erliegen. Durch das Spiel der verstärkenden Regelkreise und durch ihre Vernetzungen bewirkt das Ökosystem die Auswahl der

---

\* Der Wertzuwachs eines Produkts ist die Differenz zwischen dem Endwert und dem Wert der zu seiner Herstellung erforderlichen Rohstoffe und Ressourcen.

Arten und der Individuen, die am wirksamsten zur Funktion und Aufrechterhaltung des Gesamtsystems beitragen.

Schließlich wird durch die Ökoenergetik auch die Verknüpfung des Zeitablaufs und der Energie erkennbar. Das diesen Zusammenhang beschreibende Gesetz ist sehr einfach: Ein »Zeitgewinn« wird mit Energie bezahlt. Man benutzt einen Wagen, um schneller vorwärts zu kommen, und setzt Montagebänder und die Automation ein, um schneller produzieren zu können. Die gewonnenen Minuten müssen mit zusätzlichen Kilokalorien bezahlt werden. Zum Zeitgewinn wird die in die Riesenmaschine des sozialen Systems gesteckte Energiemenge erhöht. In diesem Rundlauf wirtschaftlichen Wachstums glaubt man ständig, Zeit zu gewinnen. Man gewinnt sie, aber zu welchem Preis?

## **Energetische Analyse**

Zur Entwicklung und Nutzung neuer Energiequellen oder zur Entscheidung über vorteilhaftere Möglichkeiten zur Energieeinsparung ist es erforderlich, zuerst vollständige und detaillierte Energiebilanzen aufzustellen. Dank neuer Techniken auf dem Gebiet der energetischen Kompatibilität, die in erster Linie aus dem Gebiet der Chemie, der Biologie und der Ökologie stammt, ist dies heute möglich. Diese Techniken werden unter der Bezeichnung energetische Analyse zusammengefaßt.

Pioniere auf diesem Fachgebiet waren Raymond L. Lindeman von der Yale-Universität und Howard Odum von der Universität von Florida. 1957 veröffentlichte Odum einen Artikel – heute ein grundlegendes Dokument für alle Ökologen – mit einer vollständigen Analyse des Energieflusses (in Kilokalorien pro Quadratmeter und Tag) in dem umgrenzten Ökosystem der Flora und Fauna eines kleinen Flusses.

Andere Ökologen haben diese Methoden auf die energetische Kompatibilität kleiner Jäger- und Fischergesellschaften (von Eskimos und Afrikanern) angewandt und konnten die energetischen Fakten mit den ökonomischen Elementen in diesen Gesellschaften in Verbindung setzen. Die eigentliche Geburt der energetischen Analyse und gleichzeitig der Ökoenergetik war aber die Neuinterpretation der Ergebnisse wirtschaftlicher Analysen in Energieeinheiten.

Der Vater der ökonomischen Analyse ist Wassily Leontief von der Harvard-Universität, der Nobelpreisträger für Wirtschaft 1972. Um das Jahr 1946 erarbeitete Léontieff eine Matrix des In- und Outputs der amerikanischen Wirtschaft auf dreißig Sektoren. Die Input-Output-Matrizen sind Tabellen mit einer großen Anzahl von Kennziffern, die den verschiedenen Sektoren der Wirtschaft entsprechen. Mit ihrer Hilfe lassen sich die Produzenten und Konsumenten, die Veränderungen von Angebot und Nachfrage bei Grundstoffen, Halbzeug, Fertiggütern und Dienstleistun-

gen verfolgen und quantifizieren. Die Ergebnisse solcher Wirtschaftsanalysen werden in Geldeinheiten ausgedrückt und lassen die Berechnung von Zuwachswerten zu.

Mittels der Energieanalyse sucht man die Energiekosten zu bewerten, die bei jeder industriellen Transformation für die Grundmaterialien und die Arbeitsleistung gebraucht werden. Man steigt auf diese Weise gewissermaßen Sprosse um Sprosse die Stufenleiter der Herstellung eines bestimmten Produkts empor und zeichnet damit einen Herstellungsplan, der sich immer stärker verzweigt. Auf jeder Etappe wird die Menge der eingesetzten Energie berechnet. Zum Schluß rechnet man alle Kilokalorien zusammen. Die ersten praktischen Energieanalysen wurden 1972 in der Automobilindustrie und 1973 in der Nahrungsmittelindustrie aufgestellt.

Eine Berechnung der Energiekosten bei der Herstellung eines Kraftwagens in den Vereinigten Staaten wurde von Stephen Berry und seinem Team am Lehrstuhl für Chemie an der Universität von Chicago 1972 berechnet. Für ein 1,5 Tonnen schweres Fahrzeug mußten insgesamt 32 Millionen Kilokalorien eingesetzt werden. Die thermodynamischen Berechnungen zeigten jedoch, daß die theoretisch notwendige Energiemenge nur sechs Millionen Kilokalorien für dasselbe Fahrzeug betrug. Überschüssige Energiemengen von 26 Millionen Kilokalorien, also 80 Prozent des Gesamtverbrauchs, wurden nur eingesetzt, um »Zeit zu gewinnen«: also zur Steigerung\* des Produktionswirkungsgrades, zur Senkung der Selbstkostenpreise, zur Gewinnung von Verkaufsvorteilen und damit zur Erhöhung des Profits.

Grundlage dieser Berechnungen ist die Bestimmung der notwendigen Energie für einen bestimmten Prozeß, der unendlich langsam abläuft (und bis zu einem reversiblen Limit). Aber die ökonomischen Systeme sind offene Systeme mit einem irreversiblen Energiefluß. Weiterhin ist zu berücksichtigen, daß wir dazu tendieren, den Wirkungsgrad der Leistung zu opfern, wie bei der Besprechung des Gesetzes über den optimalen Wirkungsgrad bereits dargelegt. Das verleitet uns dazu, rund 50 Prozent der verfügbaren Energie zur Beschleunigung einer Umwandlung zu vergeuden. Diese Überschußenergie, die die Anwendung der Thermodynamik auf die Wirtschaft zuläßt und nach der gleichzeitig der »Wert«

---

\* Mit der Unterscheidung zwischen Energie und freier Energie (thermodynamischem Potential) wird ein quantitativer Ausdruck über den Bedarf eines Produkts eingeführt. Der Wert eines Eisenminerals hoher Konzentration ist höher als der eines Minerals, in dem das Eisen tausendfach stärker verteilt ist (bei gleicher absoluter Eisenmenge). Der Unterschied zwischen Energie und thermodynamischem Potential ergibt sich durch Berücksichtigung der Entropie, genau genommen: der Entropie, multipliziert mit der absoluten Temperatur der Umwandlung. Freie Energie = Energie - Entropie  $\times$  absolute Temperatur.



bemessen wird, den wir materiellen Dingen zumessen, ist die Überschußenergie. Dieser Überschuß, ausgedrückt in Energieeinheiten als Kosten, ist verknüpft mit der Intensität der Transformation.

Der globale energetische Überschuß ist gleich der Intensität des Stoffwechselprozesses des sozialen Organismus und damit des Wachstumsrhythmus. Es ist ja allgemein bekannt, daß die Länder mit dem stärksten Wachstum und dem größten Bruttosozialprodukt auch die größten Energiekonsumenten sind.

Die Zunahme der freien Energie bei jeder Fabrikationsetappe eines Produkts ist physikalisch äquivalent dem ökonomischen Begriff des Wertzuwachses. Die Energiegröße erreicht im Moment des Kaufs durch einen Konsumenten ihr Maximum und fällt dann mehr oder weniger schnell. Aber der Verbraucher »konsumiert« das Produkt nicht, er stößt es wieder an die Umwelt ab, die es dann als unnütz betrachtet. Bestimmte abgestoßene Güter beinhalten damit freie Energie. Das heißt in Wirklichkeit, daß die Nichtnutzung freier Energie eine Sache wertlos machen.

### **Ursache der Ernährungskrise**

Auf dem Gebiet der Ernährung läßt die Energieanalyse neuartige und tiefgreifende Erkenntnisse zu. Produktion und Verteilung der Lebensmittel gehören zu den wichtigsten Funktionen im sozialen Organismus. Auf wirtschaftlichem Gebiet zeigt sich dies durch den Anteil, den Ausgaben für die Ernährung in den Familienbudgets einnehmen. Dieser Anteil betrug 1950 in Frankreich noch 49 Prozent und ist bis 1973 auf 27 Prozent gefallen. In den USA werden etwas weniger als 22 Prozent für Nahrungsmittel ausgegeben. Einem Geldfluß, der rund ein Viertel des gesamten Budgets für den Verbrauch beträgt, muß ein vergleichbarer Energiefluß gegenüberstehen.

Die Energieanalyse zeigt nun, daß die für die Nahrungsmittelproduktion genutzte Energiemenge in den USA nahezu 15 Prozent des gesamten Energiebudgets und 22 Prozent der elektrischen Gesamtenergie beträgt. Die Energie wird im Bereich der Landwirtschaft, der Verarbeitungsindustrie, des Transportwesens, im Bereich des Handels (Supermärkte) und in den Haushalten (zum Beispiel von Kühleinrichtungen und Kühlmaschinen) verbraucht. 1973 haben die Amerikaner für ihre Ernährung sechsmal mehr Energie umgesetzt als für den Körperstoffwechsel an sich notwendig ist. Die Wachstumsrate beim Energieverbrauch auf dem Lebensmittelsektor ist höher als die Wachstumsrate der Bevölkerung in den USA.

Wenn man die verschiedenen ökologischen Ketten und Zyklen betrachtet, über die Sonnenenergie auf dem Weg über die grünen Pflanzen zum Zucker in unserem Kaffee, zum Fleisch auf unseren Tellern oder zum



Brötchen auf dem Frühstückstisch wird, so erkennt man, daß die Aufrechterhaltung und das Wachstum der landwirtschaftlichen Erträge, die durch Bevölkerungsdruck und durch Erhöhung des Lebensniveaus ausgelöst und erzwungen werden, im Verlauf der letzten fünfzig Jahre überhaupt nur durch die Massennutzung fossiler Brennstoffe, in erster Linie von Erdöl im landwirtschaftlichen Bereich, möglich war. Damit immer mehr Kalorien an Sonnenenergie ins System einlaufen und an dessen Ausgang wieder als nutzbare Kalorien für den Organismus erscheinen, werden immer mehr Kalorien in Form fossiler Brennstoffe in das System eingebracht.

Damit ergibt sich die sehr einfache Frage, ob man in unseren Industriegesellschaften nicht mehr Kalorien dem Systemeingang zuführt, als man am Ausgang erhält. Übersteigt nicht der Input an fossilen Brennstoffen den Kalorienoutput, den die landwirtschaftliche Produktionsmaschine liefert? Verringert sich das Verhältnis Output-Kalorien zu Input-Kalorien besorgniserregend?

Wenn diese Fragen bejaht werden müssen, so ist zu erwarten, daß auch in unseren industrialisierten Ländern Kalorienmangel eintritt, der wahrscheinlich weniger dramatische Formen annimmt als der in den armen Ländern, aber zu einem unkontrollierten Preisanstieg für Nahrungsmittelprodukte führen könnte.

Auf dem Gebiet der Landwirtschaft zeigt die Energieanalyse, wie die Energie aus fossilen Brennstoffen die Energie aus menschlicher Arbeit, tierischer Muskelkraft und natürlichen Kräften ersetzt. Aber die »fossile« Energie ersetzt auch natürliche Düngemittel durch Kunstdünger, dessen Herstellung große Energiemengen erfordert.

Erdöl und Elektrizität treten vielfach auch an die Stelle des Sonnenlichts, denn sie werden zur Beleuchtung und Klimatisierung von Gewächshäusern, die intensiveres Wachstum ermöglichen, genutzt.

David Pimentel hat mit einer Forschergruppe am Kolleg für Landwirtschaft und Biologie des Staates New York die Zunahme der notwendigen Energie zur Bebauung eines Maisfeldes von einem *acre* (0,4047 Hektar) in den Vereinigten Staaten im Zeitraum von 1945 bis 1970 berechnet. Wichtigste Faktoren dieser Energieanalyse waren die Arbeitskraft der Landarbeiter in Kilokalorien pro Tag, die Energiekosten für die Herstellung der landwirtschaftlichen Maschinen, der Treibstoffverbrauch, die Energiekosten für die Produktion von Kunstdünger, Insektiziden, Herbiziden und Saatgut, die Kosten für elektrische Energie oder Erdöl für die Trocknung und den Transport des Maises und die Bewässerung.

Die Analyse ergab folgendes Bild: 1970 mußte man 2,9 Millionen Kilokalorien pro *acre* (gleich dem Energieäquivalent von 750 Liter Benzin pro Hektar) aufwenden, um 8,16 Millionen Kilokalorien in Form geernteten Maises zu erhalten. Dies entspricht einem energetischen Wirkungsgrad von 2,82 Kilokalorien für jede investierte Kilokalorie. 1945 aber erhielt



*Mit dem Sparen...*

...ist es wie mit dem Sitzen: Können ist eine Wohltat, Müssen eine Qual.

Sparen müssen ist die dauernde Verhinderung aller Wünsche. Sparen können ist die allmähliche Verwirklichung vieler Wünsche. Sparen muß man wollen, solange man es kann. Dann kann man alles, wenn man es will.

# **Pfandbrief und Kommunalobligation**

**Meistgekaufte deutsche Wertpapiere - hoher  
Zinsertrag - schon ab 100 DM bei allen Banken  
und Sparkassen**

**Verbriefte**



**Sicherheit**

man noch 3,7 Kilokalorien für jede investierte Kilokalorie. Dies bedeutet, daß von 1945 bis 1970 der energetische Wirkungsgrad beim Maisanbau um 24 Prozent gefallen ist, obwohl die Erträge, nach Tonnen Mais pro Hektar gerechnet, sich ständig erhöht haben.

Eine sehr viel umfassendere Energieanalyse von John S. Steinhart von der Universität Wisconsin für die gesamte Landwirtschaft und das Ernährungswesen der Vereinigten Staaten im Zeitraum zwischen 1940 und 1970 zeigt ein zunehmendes Mißverhältnis zwischen erforderlicher Energiemenge für die Nahrungsmittelproduktion und der für die körperliche Tätigkeit und die Existenz der amerikanischen Bevölkerung notwendigen Energiemenge in dem betreffenden Zeitraum. Dieses Mißverhältnis steigt, weil die Erhöhung des Lebensstandards erhöhte Nutzung von Konserven und Verbrauch vorgefertigter Gerichte zur Folge hat, deren Herstellung und Lagerung bedeutende Energiemengen erfordern. Gleichzeitig kommt es zu vermehrter Einnahme von Mahlzeiten außerhalb des Heimes und an den Arbeitsstätten und zu erhöhtem Genuß von Fleisch, dessen Wirkungsgrad bei der Umsetzung von Sonnenenergie in Nahrungskalorien recht niedrig ist.

Aber ein noch sehr viel beunruhigenderes Ergebnis dieser Analysen ist die Tatsache, daß man sich langsam dem theoretischen Grenzwert des landwirtschaftlichen Wirkungsgrades nähert. Hier zeigt sich wieder geradezu beispielhaft die Gültigkeit des Gesetzes über den fallenden Wirkungsgrad.

Es ist sehr lehrreich, diese Entwicklung mit den Zuständen in den armen Ländern zu vergleichen, deren Kulturen man »primitiv« zu nennen pflegt: In ihnen ergibt eine landwirtschaftlich investierte Kalorie fünf bis fünfzig Nahrungsmittel-Kalorien, während in unseren entwickelten Ländern fünf bis zehn Kalorien an fossilen Brennstoffen aufgebracht werden, um eine Kalorie einnehmbarer Nahrung bereitzustellen.

## **Konkurrenz von Energie und Arbeit**

Die Energieanalyse kann auch auf Probleme der Umweltverschmutzung durch feste Abfälle angewandt werden; mit ihrer Hilfe läßt sich zum Beispiel entscheiden, ob es vorteilhafter ist, Altpapier und Verpackungskartons zu sammeln und sie wieder zu verwerten oder sie zu verbrennen und die Verbrennungswärme zur Raumheizung zu nutzen.

Die interessantesten Perspektiven zeigen sich jedoch bei Untersuchungen über die Konsequenzen, die sich ergeben, wenn man menschliche Arbeitskraft durch technische Energie ersetzt, wenn Arbeitsplätze geschaffen oder gestrichen werden oder wenn man von energieintensiven Herstellungsverfahren zu energiesparenden Verfahren überwechselt.

Zwischen Energie, Arbeit und Produktionskapital gibt es über die Ener-

gie eine enge Verknüpfung. Die Wirtschaftswissenschaftler wissen seit langem, daß sich Energie und Arbeitskraft invers zueinander verhalten: Sie stehen bei der Nutzung einer bestimmten Kapitalmenge für die Produktion in direktem Wettstreit zueinander. Aus der Physik wissen wir, daß Energie das Vermögen ist, Arbeit zu leisten. Energie und menschliche Arbeitsleistung sind gegeneinander austauschbar.

Die fünf intensivsten industriellen Energieverbraucher sind in der Reihenfolge der Aufzählung die Aluminium-, die Papier-, die Stahl-, die Zementindustrie und die Petrochemie. In den USA benötigen diese Industriezweige allein 40 Prozent der gesamten industriell genutzten Energie, beschäftigen aber nur 25 Prozent aller Arbeitskräfte. Das Produktionskapital ist in diesen Industrien sehr hoch, denn Schwermaschinen und komplexe technische Ausrüstungen sowie die Automation erfordern hohe Investitionen. Aber wo immer auch Energie an die Stelle menschlicher Arbeitskraft tritt, fließt ein erhöhter Strom von Dividenden an Kapitalgeber zurück. Bei niedrigen Energiepreisen ist das Produktionskapital hoch; wenn diese Preise fallen, senkt sich auch das Produktionskapital.

Folge dieses Wettstreits zwischen Energie und menschlicher Arbeitskraft ist langfristig die paradoxe Erscheinung, daß sich bei ständig steigenden Energiepreisen eine Tendenz zur Zunahme der Arbeitsplätze und damit auch zu steigenden Löhnen ergibt. Ohne jeden Zweifel haben die niedrigen Energiekosten zwischen 1947 und 1971 dazu geführt, daß, soweit wie irgend möglich, Arbeit durch Energie ersetzt wurde. Die daraus folgende Entwertung der menschlichen Arbeitskraft führte unweigerlich zu weiter um sich greifender Kettenproduktion und zu weiterer Zunahme an Verwaltung.

Aus den Matrizenmodellen der wirtschaftlichen Verflechtungsstruktur von Input und Output lassen sich Energie und Arbeit (als Güter und als Dienstleistungen) in Energiegrößen angeben, die erforderlich sind, um ein bestimmtes Produktionsniveau zu erreichen. Bruce Hannon von der Universität von Illinois hat 1974 eine solche Berechnung ausgeführt.

Aus ihr geht zum Beispiel hervor, daß zur Mehrproduktion von Aluminium im Wert von 100 000 Dollar  $9,5 \times 10^9$  Kilokalorien und fünf weitere Beschäftigte erforderlich sind. Um aber eine zusätzliche Menge von Tabak mit demselben Wert zu gewinnen, sind nur  $1,2 \times 10^9$  Kilokalorien notwendig (denn die Tabakindustrie ist nicht energieintensiv), und man braucht 32 neue Arbeitsplätze. Mit anderen Worten heißt dies, daß man den Energieverbrauch um 33 Prozent senkt und 27 neue Arbeitsplätze schafft, wenn man statt Aluminium im Wert von 100 000 Dollar Tabak mit dem gleichen Verkaufswert produziert.

Besonders energieintensiv ist der Bau von Autobahnen, denn den notwendigen Asphalt gewinnt man aus Erdöl, und zur Herstellung des Zements sind große Energiemengen erforderlich. Ein Autobahnabschnitt



mit 5 Milliarden Dollar Baukosten verschlingt  $5,54 \times 10^{13}$  Kilokalorien und beschäftigt direkt oder indirekt 256 000 Menschen. Wenn man jedoch dieselbe Kapitalmenge zum Bau eines Eisenbahnnetzes einsetzt, werden  $2,01 \times 10^{13}$  Kilokalorien an Energie verbraucht und 264 000 Personen beschäftigt, also 8000 mehr als beim Autobahnbau. Sicherlich wird auch Energie verbraucht, wenn ein umfassendes Vorhaben im Gesundheitswesen mit derselben Geldmenge realisiert wird; dann aber würden 423 000 Arbeitsplätze geschaffen, also 167 000 mehr als beim Autobahnbau und 159 000 mehr als bei der Erstellung des Eisenbahnnetzes. Die Energieanalyse kann sehr wesentlich dazu beitragen, die vorteilhaftesten und angemessensten Mittel zur Lösung verschiedener Probleme zu finden, die sich durch die Energie-, die Ernährungs- und die Umweltkrise ergeben. Mit ihrer Hilfe läßt sich zum Beispiel zahlenmäßig beantworten, ob es vorteilhafter wäre, neuartige Energieressourcen zu erschließen und zu nutzen oder den Wirkungsgrad bei der Aluminiumproduktion zu erhöhen.

## Der Anfang der Bioindustrie

### Das Durchstehen von Krisen

Zur Verbrauchssenkung bei fossilen Brennstoffen und Rohstoffen gibt es nach allgemeiner Meinung drei grundsätzliche Möglichkeiten: Erschließung neuer Energiequellen, Recycling von Materialien und Energieeinsparung. Das heißt, daß man langfristig auf weniger energieintensive Produkte übergehen, die Wirtschaft auf dem Dienstleistungssektor ausrichten und neue sogenannte »weiche« Technologien einführen muß. Dies ist nichts Neues und wird hier auch nur deshalb erwähnt, um die Tragweite der Veränderungen aufzuzeigen, zu denen unsere Gesellschaft gezwungen werden wird.

Die neuen, zur Diskussion stehenden Energiequellen sind in erster Linie die Kernenergie (durch Kernspaltung und durch Fusion), die Sonnenenergie und die geothermische Energie. Aber auch die durch Verbrennung organischer Stoffe freigesetzte Energie und die Windenergie können als Transformationsformen der Sonnenenergie betrachtet werden.

Die Umwandlung von Sonnenenergie in Wärme oder Elektrizität ist möglich durch Strahlenkonzentration (zur Raumheizung und Klimatisierung) oder durch direkte Umwandlung mit Hilfe von Fotoelementen (Fotozellen, Sonnenbatterien). Indirekt kann Sonnenenergie durch Verbrennung organischer Abfälle, durch die Herstellung flüssiger Brennstoffe auf dem Weg der Pyrolyse oder durch Methanherstellung auf dem Weg der bakteriellen Fermentation von biologischen Abfällen gewonnen werden.

Das Recycling der Abfälle muß im Rahmen einer sehr viel allgemeineren Wiedergewinnung nicht mehr genutzter Güter und Waren gesehen werden, die auf gesellschaftlicher Ebene dem Recycling im Ökosystem durch die Reduzenten äquivalent ist (siehe Seite 23 f.). Die Wiedergewinnung umfaßt die Neunutzung der Objekte und das Recycling der Materialien für die Produktion. Abfälle umfassen Müll und ausgesonderte Güter, deren wirtschaftlicher Wert auf Null gesunken ist.

Langfristig ist wohl die Schaffung eines umfassenden Recyclings – weitgehend abhängig von der verantwortungsbewußten Beteiligung der Bevölkerung bei der Trennung der einzelnen Abfallarten voneinander im Moment des Wegwerfens – zu sehen. Mit geringem Aufwand hat so jedermann nach vernünftiger Information die Möglichkeit, wesentlich zur Senkung der Entropie auf dem Sektor der Abfälle beizutragen. Mit Maschinen ist dies nur unter erheblichen Aufwendungen möglich.

Energieeinsparung ist im wesentlichen durch Wiedergewinnung von Wärme, vor allem durch Wärmeisolation und durch den Ersatz der gegenwärtig genutzten industriellen Prozesse und der sehr energieintensiven Transportmittel durch wirtschaftlich wirksamere Verfahren möglich. Schätzungsweise könnten durch Einhaltung einiger Grundregeln des Energieumsatzes rund 25 Prozent der global genutzten Energiemengen eingespart werden.

Wie groß aber auch immer der Einfallsreichtum beim Auffinden von Lösungen und wie groß die Disziplin der Bevölkerung angesichts der Verschwendung sein mögen, die tiefgreifenden, langfristigen Lösungen können sich nur aus einer radikalen Änderung unseres Lebens- und Gesellschaftsstils ergeben: Er muß eine Kooperation mit den natürlichen Abläufen darstellen. Von dieser Betrachtungsweise gehen die Ansätze der Bioindustrie und des Öko-Engeneering aus.

## **Revolution und neue »Knechtschaft«**

Zu der ersten landwirtschaftlichen Revolution seit Beginn des Ackerbaus vor etwa 10 000 Jahren kam es im 17. Jahrhundert. Von ihr gingen die Verbreitung der Wechselwirtschaft, die Verfahren der Nutzpflanzenauswahl und die Kreuzung von Getreidearten aus. Zur zweiten landwirtschaftlichen Revolution kam es in unserem Jahrhundert durch die Mechanisierung. Eine dritte Revolution ist jetzt als Folge des biologischen Engeneerings – neuer Verfahren zur Energiespeicherung und zur Manipulation natürlicher Abläufe – in Sicht. Heute schon erlauben verbesserte Kenntnisse über die Entwicklung von Mikroorganismen die Proteinproduktion zur Züchtung von Hefen aus Kohlenwasserstoffen, wie Methanol oder Methan. Insektenhormone können über die Sterilisation der männlichen Tiere zur Bekämpfung schädlicher Insekten genutzt werden, die nur

einen geringen Teil des Energieaufwands erfordert, der zur Herstellung von Pestiziden notwendig ist.

Aber das in den letzten 30 Jahren erarbeitete biologische Wissen erlaubt noch weit mehr. Die landwirtschaftliche und industrielle Revolution des ausgehenden 20. Jahrhunderts wird sich auf Verfahren stützen, deren Laborentwicklung heute gerade erst beendet ist: auf die genetische Manipulation sowie das Enzym- und Bakterien-Engeneering. Aber auch die Synthese künstlicher Enzyme, computergesteuerter Fermentationsvorgänge und die Nutzung der grundlegenden Reaktionen der Photosynthese werden zu diesen neuen Techniken gehören und schließlich auch Synthesen, die Reaktionen in primitiven lebenden Zellen nachahmen, sobald erst die Grundsubstanzen des Lebendigen bekannt sein werden.

Diese Revolution bringt eine neue Art der »Zähmung« mit sich, die Domestizierung der Mikroben, die (auch heute schon) als »Knechte« des Menschen mit unglaublicher, geradezu phantastischer Leistungsfähigkeit, genutzt werden.

Es zeigen sich zwei Entwicklungsrichtungen: Hochentwickelte, elektronische Industrieroboter (die sehr energieintensiv sind) und die Dienstbarmachung von Myriaden von Mikroben in der Biosphäre. Beide Lösungswege stehen heute schon am Anfang der Nutzung. Es gibt Anzeichen dafür, daß die Bioindustrie und die Zähmung der Mikroben eine noch spektakulärere Entwicklung einleiten werden als die industriellen Roboter.

Diese Revolution wird wesentlich dazu beitragen, die Landwirtschaft und die Nahrungsmittelindustrie aus dem Teufelskreis zu entlassen, in dem sie sich heute infolge der Abnahme der Energieressourcen, des fallenden Energiewirkungsgrades der landwirtschaftlichen Produktionsvorgänge und der Preiserhöhung für die Nahrungsmittelkalorien befindet.

Wichtigste Zweige der Bioindustrie werden in den kommenden Jahren die Produktion von Chemikalien durch Mikroben, die Nutzung der Enzyme, die elektronische Steuerung von Fermentation, die Biotransformations-Reaktionen (mit denen zum Beispiel Energiefreisetzung möglich ist) und schließlich die Nutzung der grundlegenden Photosynthese-Reaktionen sein.

## **Arbeit mit Mikroben**

Unter den Mikroben gibt es mehr nützliche Arten als Krankheitserreger, die wir schon seit langem zur Gärung von Bier und Wein, zum Backen und zur Herstellung von Hefe und Joghurt nutzen. Im Ökosystem sorgen die Mikroorganismen für die Zerlegung und damit zur Wiederverwendung. Sie werden daher zusammenfassend Reduzenten genannt.

Heute werden Mikroorganismen bereits wie Miniaturaggregate zur Her-

stellung unzähliger Handelsprodukte benutzt, etwa von Aminosäuren, Enzymen, Lösungsmitteln, Insektiziden und Antibiotika. Energie- und Ernährungskrise haben die Nutzung der Mikroben beschleunigt. Die natürlichen biologischen Prozesse werden von Katalysatoren erstaunlicher Wirkung, den Enzymen, gesteuert.

Die Nutzung der Mikroben stützt sich auf die Steuerung verschiedener Prozesse auf molekularer Ebene. Der Wissensstand auf dem Gebiet der Mikroorganismen und der Enzyme ist gegenwärtig etwa demjenigen in der Kernphysik und Kerntechnik vor 20 Jahren vergleichbar. Der angestaute Wissensstand in der Mikrobiologie, der Molekularbiologie, der Genetik und der Biochemie läßt eine Revolution in naher Zukunft erwarten.

Die ideale Mikrobe produziert in großen Mengen Substanzen von medizinischer und industrieller Bedeutung. Die modernen, aus der Molekularbiologie entwickelten Techniken und besonders die Arbeiten über die Regulationsvorgänge in der Zelle, für die die Professoren Lwoff, Monod und Jacob den Nobelpreis für Medizin 1965 erhielten, machen es möglich, die zellularen Vorgänge in Gang zu setzen oder zu stoppen. Vielversprechend sind auch die Techniken der genetischen Manipulation. Die Übertragung bestimmter Gensequenzen auf leicht kultivierbare Bakterien, die aber an sich keine Antibiotika oder andere nützliche Substanzen synthetisieren, wandeln diese in äußerst wirksame Produzenten bestimmter Stoffe um. Wahrscheinlich lassen sich auch neue Antibiotika nach Maß entwickeln; sie gestatten die wirksame Bekämpfung solcher Bakterienarten, die gegen bereits länger benutzte Antibiotika Resistenz entwickelt haben.\*

Die genetische Manipulation wird auch die Synthese von Stickstoffdüngern durch Transferierung der Gene von stickstoffbindenden Bakterien, die symbiotisch mit Pflanzen leben, zulassen. Millionen Menschen müssen auf der Erde verhungern, weil unsere Industrie es noch nicht fertigbringt, den zu 80 Prozent in der Luft enthaltenen Stickstoff zu Ammoniak und anderen Stickstoffmolekülen zu binden, den wichtigsten Bausteinen der Proteine. In der Natur wird Luftstickstoff durch die Tätigkeit von Bakterien, die symbiotisch in den Wurzeln von Hülsenfrüchtlern leben, in Ammoniak umgesetzt. Als biologischer Katalysator wirkt hierbei das Enzym Nitrogenase. Durch seine Tätigkeit werden jährlich rund 50 Millionen Tonnen Stickstoff gebunden, rund 350 Kilogramm auf jedem Hektar, der mit Hülsenfrüchten bebaut ist.

Zwar bindet auch die Industrie jährlich dieselbe Stickstoffmenge (1973 waren es 50 Millionen Tonnen), aber sie kann das nur bei Temperaturen

---

\* Diese Techniken, so vielversprechend sie auch sein mögen, stellen aber auch eine neue Gefahr für den Menschen dar. Deshalb haben die Biologen beschlossen, sich an strikte Sicherheitsvorschriften hinsichtlich dieser Art genetischer Manipulation zu halten.



von 400 Grad Celsius und einem Druck von 200 bar. Für eine Tonne synthetisierten Ammoniaks muß die Industrie 20 Millionen Kilokalorien einsetzen. Die Nutzung von Mikroorganismen für Prozesse dieser Art wird nicht nur zur Beschaffung von Nahrungsmitteln für die Menschen von Vorteil sein, sondern gleichzeitig auch die hohe Energieintensität der Stickstoffdünger-Produktion senken.

Mit Mikroben können jedoch auch Proteine für die menschliche und die tierische Ernährung hergestellt werden. Der Proteinmangel auf unserer Erde, das Ergebnis von Mißernten durch Dürreperioden, der rückläufige Fischfang und die Preissteigerungen für Sojabohnen sind Faktoren, die die gerade im Entstehen begriffene Bioindustrie zur Proteinindustrie durch Mikroorganismen nötigen. Und durch diese Art von Proteinproduktion ergeben sich noch weitere Vorteile: 1. Sie ist unabhängig von klimatischen und landwirtschaftlichen Bedingungen; 2. die Mikroorganismen vermehren sich und wachsen äußerst rasch in großen Mengen und 3. die Produktion ist nicht von großen Kulturflächen abhängig.

Große Syndikate wie die British Petroleum (BP) ziehen Hefen auf Erdölnährböden; andere wiederum, wie etwa die ICI, benutzen Methanol. Wahrscheinlich aber hat Bechtel Corp von der Universität Louisiana ein besonders bedeutungsvolles Verfahren entwickelt, bei dem die Mikroben auf billigen Zelluloseabfällen wie Papier, Holzschnitzeln, Zuckerrohr- und Maisabfällen sowie Exkrementen von Pflanzenfressern gezogen werden.

In Europa werden für die Schweinebestände jährlich 25 Millionen Tonnen Spezialfuttermittel benötigt, zu deren Herstellung 6 Millionen Tonnen Proteine aus Sojabohnen oder Fischmehl erforderlich sind. Durch Mikroorganismen könnten 2 Millionen Tonnen Proteine als Zusatznahrung synthetisiert werden. Wir stehen aber erst am Anfang der Erschließung der vielfältigen Möglichkeiten der Bioindustrie. Aber es zeigt sich, daß man wohl in nicht allzu ferner Zeit gewissermaßen nach Bedarf für bestimmte Aufgaben spezialisierte Mikroben heranzüchten kann, so zum Beispiel zur Beseitigung von Erdölrückständen auf den Meeresoberflächen, zur Lichtfreisetzung durch Biolumineszenz oder zur Herstellung sehr spezieller pharmazeutischer Produkte.

## Nutzung der Enzyme

Die katalytische Wirkung der Enzyme ist in erster Linie auf ihre »aktiven Zentren« zurückzuführen, in denen die Reaktionen sehr rasch ablaufen und die von ihrer dreidimensionalen Struktur abhängig sind.\* Die Aufrechterhaltung dieser Struktur ist äußerst wichtig für die Enzymaktivität.

---

\* Über die Funktion des Hämoglobins siehe Seite 76 f.



Zahlreiche Forscher haben sich zum Ziel gesetzt, künstliche Enzyme zu synthetisieren, das heißt, den entsprechenden Molekulaufbau, die Konfiguration der aktiven Zentren, zu kopieren. 1969 gelang einer Forschergruppe an der Rockefeller-Universität und der Gesellschaft Merck, Sharp und Dohme die erste Enzymsynthese. Heute gibt es bereits automatische Geräte zur Enzymfabrikation. Aber es ist noch nicht gelungen, Enzyme zur industriellen oder medizinischen Nutzung nach Maß zu fabrizieren. Dennoch gibt es keine Gründe dafür, warum dies nicht möglich sein sollte. Die industrielle Realisierung ist deshalb zu erwarten.

Schon seit einiger Zeit werden in der Nahrungsmittel- und in der pharmazeutischen Industrie freie, das heißt in Lösung befindliche Enzyme für besonders verwickelte chemische Reaktionen genutzt. Das große und besonders vielversprechende Entwicklungsziel sind aber sogenannte *immobilisierte Enzyme*, die man auch »unlösbare Enzyme« nennt. Bereits heute ist man in der Lage, bestimmte Enzyme auf plastischem Substrat zu fixieren oder sie in Mikrokapseln unterzubringen. Die Aktivität derartig behandelter Enzyme ist abgeschwächt, durch ihre Fixierung sind sie ständig neu nutzbar und ermöglichen kontinuierlich einen Syntheseablauf über längere Perioden.

Neue enzymatische Anwendungsmöglichkeiten bieten sich dadurch an, daß zum Beispiel die Produktion von Aminosäuren durch Behandlung einer Mischung aus diesen Säuren durch Enzyme, die selektiv bestimmte Isomere abbauen und damit ermöglichen, sie von den interessierenden Stoffen abzutrennen, genutzt wird; möglich wird die Umwandlung der Dextrose aus Pflanzensäften in Fruktose zur Herstellung von Süßwaren und nichtalkoholischen Getränken.

In naher Zukunft ist mit der Herstellung *biochemischer Elektroden* zu rechnen, die äußerst präzise biomedizinische Messungen und die Entwicklung entsprechender Analysegeräte zulassen werden. Sehr kleine künstliche Nieren können mit Hilfe immobilisierter Urease hergestellt werden. Erforscht werden auch die Möglichkeiten, Tumore oder Stoffwechselstörungen mit immobilisierten Enzymen zu behandeln.

Neben der Nutzung immobilisierter Enzyme versucht man auch, die *Aktivität* des katalytischen Zentrums des Enzyms zu kopieren, das grundsätzlich aus einem Metallion (Eisen, Zink, Magnesium, Molybdän) besteht und von einer Molekülkette umgeben ist, die Gruppierungen spezifischer Aminosäuren darstellt. Die Forschungsrichtung, die sich mit der katalytischen Aktivität komplexer Molekülformen mit Metallionen und organischen Molekülgruppen befaßt, wird *bioanorganische Chemie* genannt. Von dieser Seite her ist ebenfalls ein bedeutender Beitrag zur Entwicklung der Bioindustrie zu erwarten.

Es ist bereits gelungen, bioanorganische Komplexe auf der Basis des Eisens, des Schwefels, des Molybdäns und spezieller Aminosäuren zu synthetisieren, die die Aktivität des Enzyms Nitrogenase aufweisen, das

Luftstickstoff zu Ammoniak umwandelt. Nitrogenase ist so wirksam, daß wenige Kilogramm, etwa soviel wie die gesamte Enzymmenge aller stickstoffbindenden Bakterien und Algen im Ökosystem, ausreichend wären, jährlich *Millionen von Tonnen* Stickstoff zu Ammoniak zu synthetisieren. Die Bedeutung dieser künstlichen Katalysatoren liegt darin, daß sie unter sehr milden Bedingungen wirksam sind und radikal neuartige Möglichkeiten zur Lösung der Energie- und der Ernährungskrise bieten.

## Mikroben und Computer

Ein weiteres, erfolgversprechendes Gebiet in der Bioindustrie ist die elektronische Steuerung von Fermentationsprozessen.

Fermentation ist die älteste energetische Reaktion der Lebewesen. Sie liefert einen großen Teil der zur Erhaltung der gesamten biologischen Organisation erforderlichen Energie. Die Organismen auf der niedrigsten Stufe leben und entwickeln sich durch Fermentation (ohne Sauerstoff) der organischen Substanzen in ihrem Lebensraum. Die Elektronik, die Informationstechnik und die Automation dienen heute als Hilfsmittel für die Fermentationsreaktion von Mikroben und verleihen deren Tätigkeit größere Wirksamkeit bei der Erledigung einer großen Anzahl von Aufgaben. Hierbei geht man von dem Grundgedanken aus, den sich auf einem zu fermentierenden Stoff entwickelnden Organismen alle zum Wachstum notwendigen Substanzen optimal zur Verfügung zu stellen und die physikalisch-chemischen Bedingungen des Milieus unter Kontrolle zu halten. Zur Bestimmung und Aufrechterhaltung der optimalen Reaktionsbedingungen hinsichtlich der Nährstoffzufuhr, des Säuregrades, des  $\text{CO}_2$ -Gehalts, der Beseitigung von Ausscheidungsprodukten und dergleichen dienen Prozeßrechner.

Insgesamt ergibt sich dabei eine seltsame Art von Symbiose zwischen Mensch, Elektronenrechner und Mikroben. Der Mensch liefert den Mikroben optimale Lebensbedingungen und erhält dafür nutzbare Substanzen wie Medikamente und Proteine, während der Rechner die für biologische Reaktionen typische Vielzahl von Parametern bestimmt und kontrolliert. Besonders hinsichtlich der Energie- und Umweltkrise ist die Umsetzung organischer Materie (zum Beispiel von Haushaltsabfällen) in Brenngase, besonders in Methan, eine der wichtigsten Biotransformationen. Endprodukte der bakteriellen Fermentation sind Kohlendioxid und Methan (siehe Seite 24 ff.), die in bedeutenden Mengen anfallen. Im Jahr 1973 produzierten beispielsweise die hundert größten Städte der Vereinigten Staaten allein insgesamt 74 Millionen Tonnen feste Abfälle. In Brenngas umgesetzt, würde diese Menge drei Prozent des Gesamtbedarfs an Erdgas in den Vereinigten Staaten decken. Die biologische Methanherstellung kann als zusätzliche Energiequelle betrachtet werden, denn sie

bietet gleichzeitig die Möglichkeit, große Mengen von Hausratsmüll zu beseitigen.

### **Nachahmung der Natur als Ideallösung**

Auch die Nutzung der Photosynthese, an der Forscher in zahlreichen Labors auf der Erde arbeiten, wird gleichermaßen einen wesentlichen Einfluß auf die Entwicklung der Bioindustrie haben. Hierbei handelt es sich geradezu um eine Ideallösung; man strebt die Synthese energiereicher Substanzen mit Hilfe der Sonnenenergie und Chlorophyll aus Kohlendioxid und Wasser an. Dennoch ist man trotz des raschen Fortschritts auf diesem Gebiet noch immer weit davon entfernt, Katalysatoren herstellen zu können, die ähnlich wirksam sind wie das Chloroplast der grünen Blätter. Dennoch sind Zwischenlösungen möglich. Zuckerrohr zum Beispiel hat den höchsten photosynthetischen Wirkungsgrad aller bekannten grünen Pflanzen. Es wäre durchaus möglich, Zuckerrohr in weitaus größerem Ausmaß als Ausgangsmaterial für die Fabrikation von Alkohol oder Äthylen zu nutzen und außerdem noch sehr verschiedenartige Grundstoffverbindungen herzustellen. Auch der Kautschukbaum ist ein sehr wirksamer Kohlenstoffproduzent, der zur Herstellung von Kohlenwasserstoffen geeignet wäre.

Schließlich können die chemischen Reaktionen, die auf der Erde in ihrem Urzustand vor mehreren Milliarden Jahren abliefen, als Modelle für die Bioindustrie dienen. Aus einfachen Gasen wie Methan, Ammoniak, Wasserdampf und Wasserstoff sind damals unter der Einwirkung ultravioletter Strahlung und in Gegenwart mineralischer Katalysatoren in der oberen Atmosphäre große Massen organischer Materie entstanden, die sich schließlich in den Ozeanen akkumuliert haben und das Ausgangsmaterial und den Nährstoff bei der Evolution der ersten primitiven Organismen bildeten. In der chemischen Industrie, besonders in Japan, weiß man heute schon diese »präbiotischen« Reaktionen zur Herstellung von Ausgangsmaterialien für die Arzneimittelindustrie zu nutzen. Auf ähnliche Weise könnte die Bioindustrie aus den »weichen« und natürlichen chemischen präbiotischen Reaktionen Nutzen ziehen und sie zur Produktion von Nahrungsmitteln und Pharmaka heranziehen.

### **Öko-Engineering**

Die beschriebenen Methoden, Reaktionen und Prozesse gehören wie die Bioindustrie selbst zu einem neuen Wissensgebiet technischer Art, das am Ende dieses Jahrtausends und am Anfang des nächsten ebenso dominierend sein wird wie die mechanische und dann die elektronische Technik

im Lauf der letzten fünfzig Jahre. Ich nenne dieses ingenieurtechnisch, neuartige Gesamtgebiet Öko-Engineering.

Hier geht es um mehr als um ökologische Steuerung oder ökologische Planung. Über das »Management« der Natur hinaus handelt es sich hier um die Neuerkenntnis der *sympiotischen Natur* der Beziehungen zwischen menschlicher Gesellschaft und dem Ökosystem, die beide zu ihrem gegenseitigen Nutzen aufeinander angewiesen sind.

Das Öko-Engineering wird den Menschen mit neuen Methoden, wie etwa der Energieanalyse, die Mittel liefern, die es ihnen erstmals ermöglichen werden, bewußt die Energiekreisläufe im Ökosystem zu manipulieren – zum Wohl des Menschen und der Natur. Ähnlich wie Chirurgen in das Innere des Organismus eingreifen, werden wir dann in der Lage sein, die großen Regelkreise mit Rekompensation und Verstärkung, auf denen die »Ökonomie« in der Natur beruht, wiederherzustellen.

Wir werden in der Lage sein, neue Bakterienstämme zu entwickeln, die fähig sind, das Recycling genutzter Materialien zu verbessern und Abfälle zu beseitigen sowie Stickstoff zu Ammoniak in industriellen Mengen zur Ernährung der Erdbevölkerung zu binden. Es wird möglich sein, lokale Klimaänderungen durch Kultivierung neuer Zonen herbeizuführen; damit könnte man dann bei natürlichen Abläufen dazu hinsteuern, nach den schwerwiegenden Eingriffen, die wir vorgenommen haben, wieder ihr Gleichgewicht herzustellen. Die Entwicklung des Öko-Engineering wird dazu führen, daß das unsichere Herumtasten, das unsere heutigen Handlungen charakterisiert, aufhört. Es muß sich ein partnerschaftliches Verhältnis zwischen Mensch und Natur entwickeln, das die Basis der neuen Wirtschaftsform und der »postindustriellen« Gesellschaft, die wir schaffen müssen, bilden wird.





# Wechselwirkung von Information und Gesellschaft

Auch Information ist Energie, allerdings eine besondere Energieform, die es ermöglicht, Kraft freizusetzen und zu steuern. Diese enge Verbindung zwischen Energie und Information trat von dem Augenblick an deutlich zutage, als man begriff, daß man unbedingt Energie aufwenden muß, um Informationen zu erhalten, und daß andererseits Information ausgewertet werden muß, um Energie zu sammeln und zu zähmen. Jede Information wird mit Energie bezahlt und jeder Zuwachs an Energie mit Information. Information wäre jedoch ein qualitativer Begriff ohne großes Interesse geblieben, hätte man nicht genau die *Quantität an Information* messen können, die in einer weitergeleiteten Nachricht steckt. Die hierfür Ende der vierziger Jahre entwickelte Maßeinheit führte zu einer wahren Revolution in Mathematik, Physik und Elektronik. Besonders spürbar wurden die Auswirkungen im Bereich der Kybernetik, der Information und dem der Fernverbindungen.

Will man die volle Bedeutung der Information und die Folgen der Revolution, die sie mit sich bringt, erfassen, so kann man »durch das Makroskop« einen Blick auf die Rolle der Information und der Kommunikation in der Gesellschaft werfen. Das führt zuerst dazu, sich einige wichtige Faktoren der Kommunikation, des Maßes von Information und der Beziehung zwischen Information und Entropie, ins Gedächtnis zu rufen. Dann sollen, nach einer kurzen Geschichte über die Kommunikation, die Bedingungen und möglichen Folgen der Bildung sozialer Wechselwirkungen untersucht werden, die auf Telekommunikationen beruhen und die ich die »Gesellschaft der Unmittelbarkeit« nenne.

## Die Grundlagen der Kommunikation

### Materie, Form und Kommunikation

Zwischen Materie und Form besteht ein großer Unterschied. Materie scheint unwandelbar, sie überdauert und verändert sich nicht. Was sich verändert und wechselt, ist die Form. Diese unterschiedliche Beschaffen-

heit wurde von Aristoteles in seinem berühmten Beispiel von der Erzstatue dargestellt. Für den Augenblick genügt es, Information ganz einfach als den *Inhalt einer Nachricht, die eine Handlung auslösen kann*, zu definieren. Später werden wir die genauere Definition der Informationstheorie kennenlernen.

Kommunikation ist Austausch und Umlauf von Informationen in einem Netz aus Sendern und Empfängern. Information wird von einem Sender an einen Empfänger als Nachricht übertragen, eine Nachricht besteht aus Signalen, Zeichen oder Symbolen, die nach einem *Code* zusammengestellt sind – bei einer chiffrierten Nachricht, einer Morsenachricht oder auch bei der Erbinformation im DNS-Molekül in der Form des genetischen Codes. Ein ausgearbeitetes Ganzes von Nachrichten und Codes bildet eine *Sprache*. Die Nachricht, die von der Quelle ausgeht, ist nach einem bestimmten Code verschlüsselt und wird durch einen Träger übertragen. Ohne Rücksicht auf seine Eigenart (elektromagnetische Wellen, Drähte, Laserstrahlen) wird dieser Träger *Übermittlungs kanal* genannt. Am anderen Ende dieses Kanals wird die Nachricht entschlüsselt und rückübersetzt in Informationen, die für den Empfänger eine Bedeutung haben. Damit aber dieser Adressat die Information *erkennen* (und daher verwerten) kann, muß sie vorher dem Gedächtnis *eingespeichert* werden, damit sie mit zuvor erhaltenen verglichen werden kann. Schließlich können – und das ist ein sehr wichtiger Punkt – Störungen im Übermittlungs kanal, die man »Rauschen« nennt, auftreten, die Nachricht entstellen und ihre Bedeutung verändern.

## Warum Information messen?

Die Bedeutung der Information ist je nach der Individualität des einzelnen Empfängers unterschiedlich. Wenn ich informiere, »es wird regnen«, hat das eine völlig andere Bedeutung, ob ich dies zu einem sonnenhungrigen Feriengast oder einem von Dürre bedrohten Bauern sage. Im landläufigen Sinn bedeutet Information Unterrichtung über eine neue Tatsache, eine Auskunft oder das Ergebnis einer Beobachtung. Informationselemente können im Gedächtnis oder in Bibliotheken, Datenspeichern und ähnlichem aufbewahrt werden und wirksamem Handeln als Stütze dienen. Es erscheint zunächst unmöglich, Information zu messen. Um dies zu erreichen, muß man jede Beziehung zu ihrem subjektiven Inhalt vernachlässigen und nur die besondere Energieform, die in einem Übermittlungs kanal zirkuliert, in Betracht ziehen. Diese besondere »Information« hat einen viel engeren Sinn, als ihr der übliche Sprachgebrauch zugesteht. Aber die Einschränkung ermöglichte es, einen quantitativen Ausdruck zu erreichen, der für eine Verbesserung der Kommunikationen oder die Entwicklung der Informatik unerlässlich war.

Das Messen von Information war das Ergebnis eines sehr bemerkenswerten Zusammenwirkens voneinander unabhängig unternommener Anstrengungen Ende der vierziger Jahre, an denen Fernmeldeingenieure und Servo-Mathematiker, Theoretiker der statistischen Mechanik und Physiker beteiligt waren. Aus ihren Arbeiten ging die Informationstheorie hervor, die in dem Buch von Shannon und Weaver »The Mathematical Theory of Communications« ihren Höhepunkt fand.

Die verschiedenen Forscher waren durch ihre Beobachtung und Erfahrung zu einer Anzahl entscheidender Feststellungen gelangt:

Information, die in einem Übermittlungskanal läuft, wird irreversibel entstellt. Darin zeigt sich eine weitgehende Analogie zur Energie, die sich, wie wir gesehen haben, in Entropie verteilt. Wenn man etwa die Gußform einer Statue nimmt und nach dieser Form eine weitere gießt, nach der eine neue Gußform gebildet wird und so fort, dann ist mit hoher Wahrscheinlichkeit nach zwanzig aufeinanderfolgenden Kopien die Form der Statue völlig entstellt.

Um Information zu übertragen, muß Energie aufgewandt werden. Die energetische Grundlage der Information können Lichtstrahlen und Schallwellen oder der elektrische Strom in einem Telefondraht sein oder auch die Biene, die die Pollen von Blüte zu Blüte trägt. Die Energie wird schwächer, verteilt sich.

Um die Verschlechterung der Information zu verhindern und die Qualität der Übermittlung zu steigern, muß daher das in einer Nachricht enthaltene Informationsquantum bestimmt werden.

Um eine angemessene Definition zu finden, was ein bestimmtes Informationsquantum ist, versetzt man sich am besten in die Lage eines Beobachters, der Informationen über ein System, das er kaum kennt, zu erhalten sucht. Dieses System kann die Anzahl möglicher Antworten auf eine Frage, die Zahl der Lösungen für ein Problem oder einfach ein verdeckt auf dem Tisch liegendes Kartenspiel sein.

Der Empfang von Informationen über das unbekannte System kann den Beobachter dazu bringen, die Zahl der möglichen Antworten zu reduzieren. Eine totale Information könnte sogar unmittelbar zu *einer einzigen möglichen Antwort* führen: der richtigen. Die Information ist also eine Funktion der Beziehung zwischen der Zahl der möglichen Antworten *vor* Empfang der Nachricht ( $P_0$ ) und der Zahl der Antworten, die *danach* möglich bleiben ( $P_1$ ).

Dazu ein sehr einfaches Beispiel: Das unbekannte System sei ein Spiel mit 32 Karten. Welche Chance hat man nunmehr, eine zuvor bestimmte Karte zu ziehen?

Diese Frage schafft eine Ungewißheit, die sich so ausdrücken läßt: die Zahl der günstigen Fälle zur Zahl der möglichen (mit anderen Worten: die Wahrscheinlichkeit, die richtige Karte zu ziehen). Da es nur einen einzi-

gen günstigen Fall gibt (die bezeichnete Karte), ist die Wahrscheinlichkeit 1 zu 32.

Wie mißt man jetzt die Quantität an Information, die man durch das Ziehen einer Karte erhält? *Vor* dem Ziehen gibt es 32 mögliche Fälle mit der gleichen Wahrscheinlichkeit ( $P_0$ ). *Nach* dem Ziehen sind zwei Situationen möglich:

1. Man hat die richtige Karte gezogen. Dann bleibt nur eine mögliche Antwort (und die hält man in der Hand). Die Quantität der erhaltenen Information entspricht dem Verhältnis 32 zu 1, die Information wird als *total* bezeichnet.

2. Man hat eine falsche Karte gezogen, und es bleiben noch 31 mögliche Antworten. Die Quantität der erhaltenen Information entspricht nun dem Verhältnis 32 zu 31. Die Information wird als *partiell* bezeichnet.

Die im ersten Fall erhaltene Information löst das Problem endgültig, indem sie die Zahl der möglichen Antworten auf 1 reduziert. Sie vermindert also den Nenner des Bruchs  $P_0/P_1$ , der Verhältniswert wird größer und die Information ebenfalls. Man kann daher sagen, daß die Information zunimmt, wenn sich die Ungewißheit vermindert, denn die Unsicherheit gibt die mangelnde Information über das unbekannte System wieder.

Um also die Information zu messen und die Einheiten zu definieren, hat man sich auf zweierlei geeinigt: Man definiert die Information lieber durch Subtraktion als durch eine Verhältniszahl, denn die Information ist die *Differenz zwischen zwei Ungewißheiten* (vor der Nachricht und danach). Man ersetzt also das Verhältnis  $P_0/P_1$  durch eine Subtraktion ihrer Logarithmen.\* Zum zweiten: Der einfachste und gebräuchlichste Code, um eine Nachricht wiederzugeben, wird durch die Zeichen 0 und 1 dargestellt, die auch nein und ja bedeuten können. Das führt dazu, daß man eine binäre Sprache und die Logarithmen der Grundzahl 2 verwendet. Als Folge dieser Übereinkommen wird die Informationsquantität einer Nachricht in »Bit« gemessen (Abkürzung von *binary digit*).

Jetzt kann man die Frage beantworten, welche Informationsquantität man erhält, wenn man eine Karte zieht. Die Informationsquantität beträgt 5 Bit. (Bei der Grundzahl 2 ist der Logarithmus von 32 gleich 5 ( $32 = 2^5$ ).)

Die Information erscheint also als abstrakte, objektive Einheit, bar aller menschlichen Bedeutung. Es ist leichter, sich eine gegebene Informationsquantität vorzustellen, indem man sie sich als Teilchen denkt, die in einem Kanal laufen, etwa wie Wassermoleküle in einer Röhre. Die Durchflußmenge durch eine Röhre ist begrenzt durch ihren Querschnitt. Das gleiche

---

\* Der Logarithmus einer Zahl ist die Potenz, in die man eine Grundzahl erheben muß, um die betreffende Zahl zu erhalten. So ist zum Beispiel bei der Grundzahl 10 der Logarithmus von 1000 gleich 3, denn 1000 ist  $10^3$ . Bei der Grundzahl 2 ist der Logarithmus von 16 gleich 4, denn  $16 = 2^4$ .

gilt für einen Übermittlungskanal. Manche Kanäle, wie zum Beispiel ein normaler Telefondraht, können nur 1200 Bit pro Sekunde übertragen. Diese Informationsquantität ist völlig unabhängig von der *Bedeutung* der Nachricht: seien es nun Lieder, Renn-Ergebnisse oder Börsenkurse.

## Die Relation zwischen Information und Entropie

Jede Information, die auf einer Beobachtung, einer Maßnahme oder einem Experiment beruht, die nur bestätigen, was wir schon wußten, verändert die Zahl der möglichen Antworten in keiner Weise. Sie vermindert unsere Ungewißheit nicht. Die Information durch eine Nachricht oder ein Ereignis wird um so größer, je unwahrscheinlicher ihr Eintreffen war. Die Information, die man erhält, wenn man auf Anhieb die richtige Antwort zieht ( $I = 32/1$ ), ist die Umkehrung der Wahrscheinlichkeit, diese Antwort vor dem Empfang der Nachricht zu erhalten ( $P = 1/32$ ). Nun sind aber Wahrscheinlichkeit und Entropie bekanntlich eng miteinander durch die statistische Theorie verknüpft. Vergleicht man die verschiedenen mathematischen Ausdrücke, stellt man fest, daß Information die *Umkehrung der Entropie* der Physiker ist. Sie entspricht einer Anti-Entropie. Deshalb wurde vorgeschlagen, den Ausdruck *Negentropie* (negative Entropie) zu benutzen und dadurch diese wichtige Eigenheit hervorzuheben. Information und Negentropie sind also gleichbedeutend mit potentieller Energie.

Doch diese Übereinstimmung geht noch weiter. Wählt man die Konstanten und Einheiten entsprechend aus, kann man Information in thermodynamischen Einheiten ausdrücken und sie direkt mit der Entropie verbinden. So wird der winzige Energieabfall berechnet, der eintritt bei einer Maßnahme, die ein Bit Information erzeugt. Um eine Information von einem Bit zu erhalten, muß eine sehr kleine, aber feststellbare und daher bedeutsame Quantität der Energie des Alls in Entropie abgebaut werden. Diese sehr wichtige Feststellung hat Physiker wie Léon Brillouin dazu geführt, den Carnotschen Kreisprozeß zu verallgemeinern. Das heißt, daß die unlösliche Verbindung zwischen der Information, die ein Gehirn sich aneignet, und der Veränderung der Entropie des Alls so ausgedrückt wird: Jeder Erwerb von Kenntnissen, der auf einer Beobachtung oder einer physischen Handlung mit Hilfe eines Instruments beruht, benötigt Energie an der Arbeitsstätte und damit im Universum.\*

Hier ein Beispiel: Die Lektüre dieser Seite bringt mehrere Elemente ins Spiel, den Text, schwarz aufs Papier gedruckt, eine Lichtquelle (Sonne oder Lampe), das Auge und das Gehirn. Die Lampe ist die Quelle von

---

\* Umgekehrt schafft das Gehirn auch Information und kann damit die Entropie senken. Im Kapitel über die Zeit wird das deutlich.



Negentropie. Sie sendet einen Lichtstrahl aus, der sich an der Abfolge weißer und schwarzer Stellen der Buchstaben bricht und die Lichtwelle formt, die das Auge trifft. Das Auge entziffert die Nachricht, und das Gehirn interpretiert sie. Das Gehirn des Lesers hat also eine Information erhalten, aber sie mußte in Energie bezahlt werden – mit den Watt der Lampe als Gegenwert für die etwa 24 000 Bit Information der gedruckten Seite.

## **Geschichte der Kommunikation: Vom Molekül zur erdumfassenden Gemeinschaft**

### *Kommunikation zwischen Molekülen . . .*

Die Geschichte der Kommunikation beginnt bei den Molekülen. Ein großer Teil der Informationen, auf denen die Kommunikation zwischen den Molekülen beruht, ist durch ihre Form gegeben, der Grundlage der Signale, Codes und Botschaften. Die Moleküle des Lebens sind gleichsam »Informations-Individuen«, die mittels ihrer Morphologie mit sich führen, was sie sind, was sie tun, was sie »wissen«, dazu die »Erinnerung« an andere Formen, die sie zu »erkennen« vermögen.

Die Zelle bewahrt ihre Organisation, ihre Komplexität und Integration aufgrund eines sehr dichten intermolekularen Kommunikationsnetzes. Die Enzyme, die an den Knotenpunkten dieses Netzes sitzen, sortieren die Moleküle und kontrollieren den Informationsfluß.

Das DNS-Molekül, die Stütze der genetischen Informationen, zeigt vielleicht besser als jedes andere Biomolekül die Grundprinzipien der Kommunikation. Will man sich seine Rolle ins Gedächtnis rufen, genügt es, die Ausdrücke hervorzuheben, mit denen Biologen und Kommunikationsingenieure gleichermaßen operieren. Die genetische Information existiert in Form eines molekularen Codes. Sie wird umgesetzt in DNS-Nachrichten-Moleküle, die Kopien dieser Information vom Kern zur Zelle transportieren. Als Folge der Tätigkeit der Ribosomen und der DNS-Transfer-Moleküle wird die Information in Protein-Moleküle übersetzt. Ausgehend von einem »Alphabet« aus 20 Aminosäuren, stellt die Zelle so Tausende von verschiedenen Proteinen her, genauso wie wir Tausende verschiedener Sätze aus den 26 Buchstaben des Alphabets bilden. Während des Reproduzierens der DNS-Moleküle können sich Störungen aus der Umgebung (»Rauschen« im Übermittlungskanal) als »Irrtümer« einschleichen, die den Sinn der Nachricht verändern. So entstehen Mutationen.

### *. . . zwischen Zellen*

Die chemische Information, die durch die Form der Moleküle vermittelt wird, stellt also das älteste, von lebenden Organismen benützte Kommunikationssystem dar. Aber die Molekül-Signale sind nicht nur zuständig für die Kontrolle und Regelung der zellinternen Aktivitäten, sie durch-

dringen auch die Zellhaut, bewegen sich in der Umgebung und informieren andere Zellen. Das Verhalten von Bakterien, Hefen, Algen und Protozoen hängt von den chemischen Nachrichten ab, die sie unter sich oder mit der Umgebung austauschen. Die Mikroorganismen können Gifte wahrnehmen und vor ihnen fliehen, aber auch Nährstoffe auffinden. Wenn eine Blutzelle unter dem Mikroskop rasch durch einen Laserstrahl getötet wird, ziehen die freigewordenen chemischen Stoffe sofort die weißen Blutkörperchen an, die sich wie Jagdhunde auf die toten Zellen stürzen und sie auffressen.

Manche lebenden Zellen in Versuchskulturen synchronisieren ihre Aktivitäten (sehr auffallend zu sehen in Kulturen von Herzzellen), und zwar durch Ausscheidung chemischer Substanzen, die als Koordinierungssignale wirken. Aber schon bei den Einzellern treten auch andere, weiter vervollkommnete Kommunikationsmittel auf. Zahlreiche Mikroorganismen, die zur Photosynthese fähig sind, besitzen einen Augenfleck aus lichtempfindlichen Molekülen, ein echtes Primitiv-Auge, das es ihnen ermöglicht, sich auf eine Lichtquelle zuzubewegen. Muskelfäserchen versetzen feine Wimpernhare in Schwingung, die Bewegungen verursachen und damit Kommunikationsmittel werden.

### *... zwischen Organismen*

Die Integration und Differenzierung der Zellen im Gewebe und Organe innerhalb eines Organismus führt zu einer Abwechslung der Kommunikationsmittel. Die Stütze der genetischen Information und der Koordinator der Kommunikation wie der Regelung der Zellvorgänge bleiben die DNS und ihre ausführenden Organe, die Enzyme. Bei einer winzigen Verzögerung der Reaktion jedoch realisiert sich die interne und externe Kommunikation mit Hilfe des Nervensystems und der Hormone, die rasche Reflexe auf die Umweltreize ermöglichen.

Die chemische Kommunikation verliert indessen nichts von ihrer Bedeutung. Gerüche, die von Insekten und anderen Tieren ausgehen, Giftstoffe und Alkaloide der Pflanzen, Düfte von Blättern und besonders von Blüten sichern die Herstellung natürlichen Gleichgewichts und die Erhaltung des ganzen Systems. Die Wirksamkeit eines Pheromens (eines chemischen Stoffes, der von Insekten zur Kommunikation benutzt wird) ist so groß, daß *ein einziges Molekül* genügt, um den Bombyx, den Schmetterling der Seidenraupe, aus einem Kilometer Entfernung zum Weibchen zu ziehen.

Beim Sehen und Hören gibt es eine Unmenge verschiedener Eindrücke. Der bunten schillernden Welt der Blumen, Fische, Vogelgefieder und Tierfelle entspricht die der Gesänge, Schreie und Rufe. Eine Vielzahl phosphoreszierender Flecke erhellt die Tiefen des Meeres und die Nacht. Jedes dieser Zeichen hat in der gegebenen Umwelt eine genaue Bedeutung. Hier existiert bereits eine Form sozialer Kommunikation.

Bei den am höchsten entwickelten Tieren kann die Kommunikation durch Gehör, Gesichtssinn oder Geruch ergänzt werden durch Körperhaltung, Stellung der Glieder und, bei den Primaten, durch Mimik. Das Kennzeichen des eigenen Reviers durch Gerüche oder durch Berührung verstärkt die Wirkung der anderen Kommunikationsmittel und trägt zur Vielfalt und Stabilität der verschiedenen Lebensgemeinschaften bei.

### *... in der menschlichen Gesellschaft*

Die Kommunikation zwischen den menschlichen Organismen muß angesichts der wichtigen Rolle der Sprache gesondert behandelt werden. Das soll nicht heißen, daß der Mensch nicht auch den anderen, nicht verbalen Formen der Kommunikation unterworfen ist, die eine unendliche Vielfalt von Verhaltensweisen auslösen können und im Tierreich die Regel sind. Der technische und soziale Fortschritt jedoch beruht hauptsächlich auf der schöpferischen Kraft der Sprache und des logischen Denkens.

Die großen Phasen der Weiterentwicklung der Kommunikation folgten immer schneller aufeinander, vom Werkzeug des vorgeschichtlichen Menschen, von der Papyrusrolle bis zu den elektronischen Signalen des Fernsehens. Die Geschwindigkeit der Entwicklung führte zu immer kurzlebigeren, anpassungsfähigen – gleichsam »immateriellen« – Systemen, wie sie sich in der gedruckten, dann in der elektronischen Kommunikation zeigen.

Im Gefolge der Sprache und der allgemeinen Verbreitung mündlicher Tradition tauchte die Schrift auf und ermöglichte es, Information mit geringem Energieaufwand zu präzisieren und zu speichern. Das Abschreiben von Manuskripten, vor allem aber die Erfindung der Buchdruckerkunst, sind die Folgen einer der wichtigsten Funktionen des menschlichen Gehirns, des Gedächtnisses, und ergeben gleichzeitig die wunderbare Möglichkeit, die Information zu erweitern.

Die eigentliche Explosion der Telekommunikationsmittel datiert von dem Augenblick, als man lernte, die Information zu codieren und in einem Draht oder mittels einer Trägerwelle zu befördern. Mit Telegraf und Telefon, mit Rundfunk und Fernsehen überwinden Ton und Bild Gebirge und Meere und umkreisen den Planeten. Brief, Telefon und kommerzieller Funkverkehr ermöglichen gleichzeitig nur bilaterale Kommunikation oder bestenfalls Kommunikation zwischen kleinen Menschengruppen. Rundfunk, Fernsehen, Zeitungen und Zeitschriften erreichen eine große Zahl von Menschen, aber es fehlt ihnen die »Rückkontrolle« der Information.

In der globalen Ansiedlung Erde, die sich durch die Telekommunikation ergibt, hängt die Kommunikation jedoch nicht mehr nur von der geschriebenen oder gesprochenen oder der audiovisuellen Information ab. Es ergibt eine unendlich komplexe Welt von Zeichen und Symbolen. Die Macht der Botschaften, die sie darstellen, ist ebenso real wie die des

gedruckten Wortes oder des Fernsehbildes. Kleidung, soziales Verhalten, die Zeichenfunktion, Kauf und Besitz materieller Güter wie Wagen und Wohnung, aber auch Kunst, Musik oder Sport sind Kommunikationsmittel, die Integration und ergänzende Differenzierung der Individuen innerhalb der sozialen Organisation sichern können.

### »Gesellschaft der Unmittelbarkeit?«

Die Entwicklung der Funktion, die Information und Kommunikation in den biologischen Systemen und den tierischen und menschlichen Gesellschaften ausüben und die ich eben nachgezeichnet habe, führt notwendigerweise dazu, nach der folgenden Etappe der Kommunikationsentwicklung zu fragen. Wird das erdumfassende Kommunikationssystem, das sich bildet, das »Nervensystem« unserer Gesellschaften sein, die materielle Grundlage der Noosphäre, der Sphäre des Geistes, die Teilhard de Chardin auf die Biosphäre folgen sah?

Ein irreversibler Prozeß scheint in den meisten entwickelten Ländern begonnen zu haben: die immer engere Integration der Menschenhirne, der Telekommunikationsnetze und der Computer. Wenn sich dieser Prozeß fortsetzt, kann er die Grundlage einer neuen Form sozialer Organisation sein. Wird es sich dabei um soziale Wechselwirkungen in einer Gesellschaft handeln, die die individuelle Initiative und den Pluralismus des Denkens respektiert? Oder im Gegenteil um ein Zerrbild der Gesellschaft, nahe dem, das Orwell in seinem Buch »1984« schilderte?

Die Geschwindigkeit der Entwicklung und der Einfluß der Telekommunikations-Mittel sind so groß, daß es mir geraten erscheint, schon heute die Gegebenheiten und Konsequenzen der möglichen Entwicklung einer neuen Form sozialer Organisation zu diskutieren, der »Gesellschaft der Unmittelbarkeit«.

Der Ausdruck »Unmittelbarkeit« stammt aus dem Vokabular der Informationswissenschaftler. Man sagt, ein Dialog oder eine Interaktion (Mensch/Computer zum Beispiel) spielt sich synchron ab, wenn die aus der Umgebung kommenden Informationen gleich nach ihrem Eintreffen verarbeitet werden. Diese Vorstellung kann man auf folgende Weise verallgemeinern: Jede Handlung, die Entscheidungen mit einer bestimmten Fälligkeit (Terminsetzung) in Gang setzt, spielt sich »unmittelbar« ab, wenn die Informationen, die den Entscheidungen zugrunde liegen, das Entscheidungszentrum erreichen, *ehe* die Entscheidung fällt. Das Maß »unmittelbar« ist die tolerierte Maximaldauer, die einer Entscheidung auslösenden Information zugestanden wird, um den Empfänger zu erreichen, *ehe* er diesen Entschluß faßt.

Diese Maximaldauer ist recht unterschiedlich, sie reicht von einigen Mikrosekunden bei einem Computer, der den Start einer Rakete über-



wacht, ein paar Sekunden oder Minuten bei der Kontrolle eines Produktionsbandes in einer automatisierten Fabrik bis zu mehreren Monaten bei gesellschaftlichen Organisationsformen. In der Alltagserfahrung ist der Begriff der »Unmittelbarkeit« mit dem der Interaktion mit anderen oder mit Maschinen verbunden. Die Interaktion ermöglicht es, unverzüglich Informationen oder Signale (Bewegungen, Mimik, Stimmveränderungen) aufzunehmen, nach denen sich Verhalten und Entschlüsse richten. Der Begriff der »Unmittelbarkeit« wird auch mit dem des »Direkten« verbunden, der Live-Übertragung durch Rundfunk und Fernsehen, die unmittelbar an fernen Ereignissen teilnehmen läßt.

### **Absteigende und aufsteigende Information**

Die Gesellschaft der »Unmittelbarkeit« wird das Ergebnis der Entwicklung zweier komplementärer Formen von Kommunikationsmitteln sein. Bei den beiden Formen handelt es sich um die Projizierung der zwei Grundtätigkeiten des individuellen Bewußtseins auf die gesellschaftliche Ebene: um die *Beobachtung* (mit dem Ziel, Kenntnisse zu erwerben, sich zu informieren) und den *schöpferischen Akt* (mit dem Ziel, die Welt zu organisieren, die Materie zu gestalten). Im ersten Fall wird jeder Wissenserwerb aufgewogen durch die wachsende Entropie im Universum. Im zweiten trägt jede Schaffung neuer Formen durch das menschliche Gehirn dazu bei, die Entropie lokal zu vermindern. Die Alltagserfahrung zeigt, daß die erste Tätigkeitsform als »leicht« und wenig anstrengend angesehen wird, die zweite dagegen als schwieriger und beschwerlicher.

Analog dazu hat sich die Gesellschaft zuerst mit einem Kommunikationssystem ausgestattet, das auf der raschen Verbreitung von Informationen beruht, von der Spitze der Pyramide, die jede soziale Organisation darstellt, bis zu ihrer Basis: das ist das *absteigende* Kommunikationssystem.

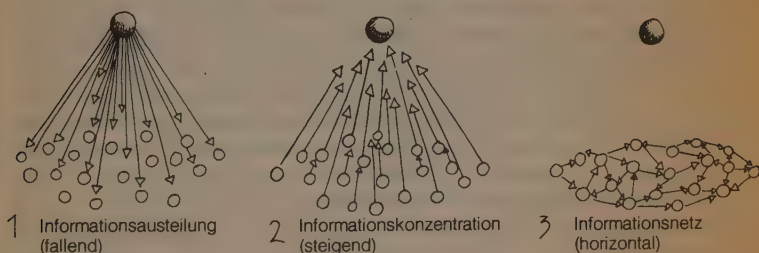
Dieses System beinhaltet die Übertragung des Aktes der Beobachtung oder des Erwerbs von Informationen durch das Gehirn. Es realisiert sich in den wohlbekannten Mitteln der Massenkommunikation, die die absteigende Information bis an die entferntesten Punkte des Globus bringt. Seine Entwicklung ging rasch vor sich, über Nacht eroberte es sich seinen Platz, denn das Kopieren und die Verbreitung der Informationen werden in wirkungsvoller Form bei minimalem Energieaufwand vollzogen.

Das andere Kommunikationssystem dagegen setzte sich nur sehr allmählich durch. Es ist noch weit davon entfernt, die Wirksamkeit des ersten zu erreichen, seine Hauptaufgabe ist es, die Informationen zu übermitteln, die zu den Zentren der Entscheidung und Wiederverbreitung aufsteigen. Diese aufsteigenden Informationen bestehen aus individuellen Aktionen oder persönlichen Beiträgen zum Funktionieren einer Organisation oder



des gesamten sozialen Systems. Man kann dies als Übertragung dessen, was jedes Individuum in seinem persönlichen Maßstab an schöpferischer Gestaltung und Organisation leistet, auf die Ebene des Kollektiven betrachten.

Dieses System, das man in Symmetrie zum vorhergehenden »aufsteigend« nennen könnte, besteht aus allen gegenwärtigen Formen der Teilnahme und repräsentativen Vertretung im gesellschaftlichen Leben wie Wahlen, Abstimmungen, politischen Parteien, Betriebsräten, Gewerkschaften, Verbraucherorganisationen, Meinungsforschungsinstituten und so weiter. Sie sind die »Antwort« der Einzelpersonen auf die Politik und die Programme einer Regierung, auf die Leitung eines Unternehmens oder die Gesamtheit der Erzeugnisse und Dienstleistungen der Betriebe. Daß es sich so langsam durchsetzte, läßt sich durch den sehr hohen »Preis« erklären, der in Informationen bezahlt werden muß (als nötige Erziehung auf allen Ebenen), damit jedes Individuum wirksam an der Organisation und Entwicklung der Gesellschaft teilnehmen kann. Jedes Neuschaffen einer Organisation muß durch einen recht bedeutenden Aufwand an Information aufgewogen werden.



Über diesen beiden Informationssystemen, dem absteigenden und dem aufsteigenden, befindet sich das ganze Netz horizontaler Kommunikationen, von Person zu Person oder von Person zu Maschine, vor allem durch Telefon oder Korrespondenz, dann durch interaktive elektronische Systeme, die sich nach und nach durchsetzen. Die Integration dieser drei Kommunikationssysteme bildet die grundlegende Infrastruktur der »Gesellschaft der Unmittelbarkeit«.\*

\* Die Netze absteigender und aufsteigender Informationen sind nur aufgrund der Zentralisierung der Macht möglich. In einer dezentralisierten Gesellschaft mit sozialen Wechselwirkungen beruht der Reichtum der Interaktionen auf der Mannigfaltigkeit des Austauschs zwischen den Individuen. Die Dezentralisierung der Macht wird nur durch Zuwachs an persönlicher Verantwortlichkeit und mehr Pluralismus erreicht.

# Neue interaktive Kommunikationsnetze

## Probleme mit der Praxis

Die Technologie der Kommunikationen ist heute bekannt und allgemein einsetzbar. Sie ist, vor allem in den Vereinigten Staaten, an einen Punkt der Entwicklung gelangt, der es erlaubt, von der baldigen Einrichtung eines »öffentlichen Dienstes für Information« zu sprechen, der embryonalen Form der »Gesellschaft der Unmittelbarkeit«. Als Ergänzung der anderen großen öffentlichen Dienste der Energieversorgung und des Transportwesens wird der neue Dienst für Information wahrscheinlich einen noch größeren Einfluß auf die gesellschaftliche Organisation ausüben. Aber die eigentlichen Probleme sind nicht technischer, sondern politischer und wirtschaftlicher Art. Es gibt keinerlei Vorstellung von den globalen Konsequenzen einer Präzisierung der Kontakte und Interaktionen »in Unmittelbarkeit« zwischen den Bewohnern eines Landes, angefangen bei ihren Wohnungen oder Arbeitsplätzen, ebensowenig über die Auswirkungen ihres *selektiven* Zugangs zu Information, Kultur oder Unterhaltung. Wer konnte ernsthaft die soziale und wirtschaftliche Auswirkung des Telefons ermessen? Wie also kann man voraussehen, welchen Einfluß elektronische Informationsdienste auf Transport und Verkehr, auf die Struktur der Großstädte, die Arbeitsgewohnheiten der Bewohner und auf die Erziehung und Bildung haben werden? Wird eine »interaktive« Gesellschaft dazu führen, den Sinn für Teilnahme und Anteilnahme zu entwickeln? Erhält ein Individuum nicht eine rasche Antwort, die es innerhalb eines vernünftigen Zeitraums über die Ergebnisse seines Handelns unterrichtet, so verliert es jedes Gefühl des Beteiligtseins am Funktionieren des Systems, in dem es agiert. Eine der Formen des sozialen Unbehagens konnte so, wie Jacques Attali sagt, dem Gefühl entspringen, *von der Macht ferngehalten zu sein*, etwas, das jeder Bürger empfindet, wenn er von den realen Möglichkeiten des Mitwirkens ausgeschlossen wird.

Man darf sich auch nicht von den Perspektiven, die die Technologie der Kommunikation eröffnet, überwältigen lassen. Der Computer-Terminal zu Hause oder die interaktiven Kabelfernsehnetze werden sehr teuer sein. Außerdem ist es nicht sicher, ob sie notwendig oder erwünscht sind. Ein tiefgreifender Unterschied zwischen der Zeit, in der wir leben, und der der großen technischen Errungenschaften in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts besteht darin, daß wir, vielleicht zum erstenmal, anstatt die Auswirkungen schlecht geplanter und schlecht kontrollierter Technologien einfach zu ertragen, in voller Sachkenntnis ihre Einführung vorbereiten können, zum Wohl des Menschen und der Gesellschaft.

Ein weiterer Unterschied: Statt Prestige-Unternehmen zugunsten politi-

scher Ziele zu dienen, kann die Kommunikationstechnologie unmittelbar dem Bürger nützlich sein, und zwar in einer Form, die er begreift und zu schätzen weiß. Wird er, nachdem er sich entschließt, die Einrichtung solcher Kommunikationsnetze zu akzeptieren, bereit sein, die Kosten dafür zu übernehmen?

Stehen erst die Kommunikationsmittel zur Verfügung, entwickeln sich auch die Dienstleistungsangebote. Und je mehr sich die Angebote entwickeln, um so geringer ist der Kostenaufwand für die Benützung der Anlagen. Offenbar befindet man sich in einem Teufelskreis; womit soll man beginnen, mit der Einrichtung des Telekommunikationsnetzes oder dem Dienst, der es verwendet? Die Antwort lautet: Beides sollte gleichzeitig geschehen, zuerst in kleinen Anfängen, dann, als Folge einer fortschrittlichen Entwicklung, sich immer komplexer gestaltend. Politische Willensbildung, Druck der Öffentlichkeit oder der Zwang einer bestimmten Situation kann einen solchen Prozeß beschleunigen. Gegenwärtig läßt sich keine solche Dienstleistung wirtschaftlich rechtfertigen, und doch wissen wir jetzt schon, daß ihre Entwicklung unvermeidlich ist. In der Einrichtung öffentlicher Dienste zur Information liegen ebenso viele Versprechungen wie Gefahren. Einerseits das Versprechen einer menschlicheren, weniger zentralisierten Gesellschaft, die die Menschen einander näherbringt und von ihren Wechselwirkungen profitiert, indem sie sie zur Geltung bringt, andererseits aber gleichzeitig die Gefahr der Massenmanipulation, die Gefahr, daß das Privatleben angetastet wird, die Gefahr einer neuen Form sozialer Ungleichheit, gegründet auf den besseren Zugang zur Information.

## Technische Mittel

Wissen ist Macht, sagt ein bekanntes Sprichwort. Bisher lag die Kontrolle der Information und damit ein gutes Stück der Macht in den Händen kleiner politischer Gruppen und privater Unternehmen. Die modernen Kommunikationstechniken bieten jedoch theoretisch die Möglichkeit zu einer völligen Neuverteilung der Macht. Zum erstenmal kann die Information, die über die Übermittlungskanäle läuft, eher vom *Empfänger* als von der Quelle her überwacht werden.

Um diese nie dagewesene Veränderung und ihre gesellschaftlichen Auswirkungen zu begreifen, muß man die gegenwärtigen Kommunikationstechniken mit denen vergleichen, durch die sie in der Gesellschaft der Unmittelbarkeit ersetzt werden könnten.

Die wichtigsten Massenkommunikationsmittel (die Medien) teilen sich gegenwärtig in zwei große Gruppen: die Mittel zur *Speicherung* von Texten, Bildern und Tönen (Bücher, Zeitungen, Filme und Tonaufzeichnungen) und die der *Übermittlung* (Rundfunk, Fernsehen und Telefon).

Mit den Mitteln der Speicherung sind immer die der Vervielfältigung verbunden, die zum Beispiel die Herstellung einer großen Zahl von Büchern oder Zeitungen ermöglichen und über Verteilungssysteme verfügen.

Auch die Übermittlungsmedien wirken wie Vervielfältigungsmittel, indem sie die gleiche Information gleichzeitig einer großen Zahl von Einzelpersonen liefern. Sie ermöglichen also die Übertragung und Verbreitung audio-visueller Aufzeichnungen, von Platten im Rundfunk oder Filmen im Fernsehen. Indessen bleibt die Auswahl der Programme und der Sendezeiten unter der Kontrolle der Leitung des betreffenden Mediums. Das einzige, weit verbreitete Übermittlungsmedium, das von den Benützern kontrolliert werden kann, ist offensichtlich das Telefon. Doch es ist im allgemeinen nicht mit Massenspeicherungsmedien verbunden. Und wie die anderen interaktiven Medien (Briefe, kommerzieller Funkverkehr) läßt es nur bilaterale Kommunikation zu. Bei den aufgezeichneten Medien schließlich besteht für den Benutzer fast die einzige direkte Kontrollmöglichkeit darin, daß er in eine Buchhandlung oder zu einem Kiosk geht, um sich ein Buch oder eine Zeitschrift auszusuchen.

Ganz anders ist die Situation bei den neuen elektronischen Speicherungs- oder Übertragungsmitteln. Diese Systeme bilden ein umfassendes Ganzes mit elektronischem (oder elektronisch überwachtem) Massengedächtnis (Computer), Übertragungsnetz, Terminalen, beim Benutzer untergebracht, und Computern mit Programmen, aus denen man nach freier Wahl Informationen aussucht. Die Speicher sind entweder Platten, die bis zu 800 Milliarden Bit Information aufnehmen können (das entspricht 100 000 Büchern mit je 400 Seiten), oder Mikrofilme, die nach einem vom Computer kontrollierten System gelagert sind.

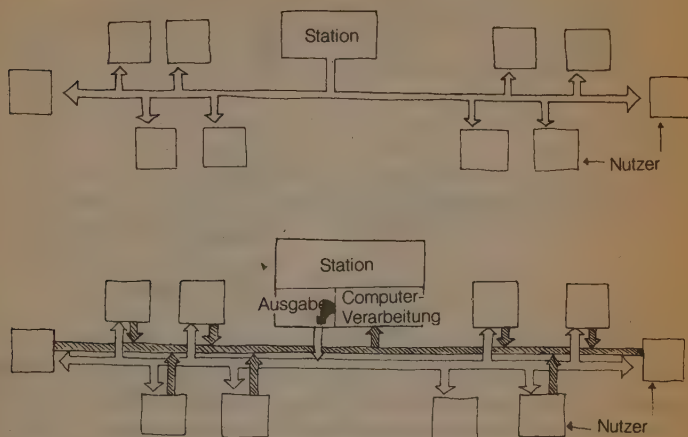
Als Übermittlungsnetz dienen Telefonleitungen oder Kabelfernsehen. Die Leistungsfähigkeit dieser Anlagen hängt von ihrer Übertragungskapazität ab. Wo liegen ihre Grenzen? Zum Vergleich seien hier einige Größenordnungen angeführt.

Die Kapazität einer Telegrafienlinie beträgt im Durchschnitt 75 Bit pro Sekunde. Eine Telefonleitung erlaubt die Übermittlung von 1200 Bit (im Durchschnitt) und maximal bis zu 9600 Bit pro Sekunde. Wenn die Information in digitaler Form übermittelt wird, kann man bis zu 60 000 Bit pro Sekunde erreichen. Die neuesten Kommunikationssysteme sind Übermittlungsnetze mittels Mikrowelle und Koaxialkabel.

Werden Relaisstationen benützt, kann ein Mikrowellen-Übertragungsnetz bis zu 100 Telefonverbindungen gleichzeitig mit einer Geschwindigkeit von 70 Millionen Bit pro Sekunde übermitteln. Dienststellen, die diese Netze verwenden, können jetzt schon Banken, Hotels, Büros zur Buchung von Flugkarten und Informationsdienste miteinander verbinden. Das Koaxialkabel, mit einem zentralen Leiter in einer leitenden Umman-



telung, ist in der Lage, 10 000 Telefonverbindungen und 700 Millionen Bit pro Sekunde zu übertragen. Die dem Kabelfernsehen zugrunde liegende Technologie macht es möglich, Städte zu verkabeln, in denen Benutzer und Relaisstationen miteinander verbunden sind und der Informationsaustausch zwischen Benutzer und Zentralstation und Benutzern untereinander gesichert ist.

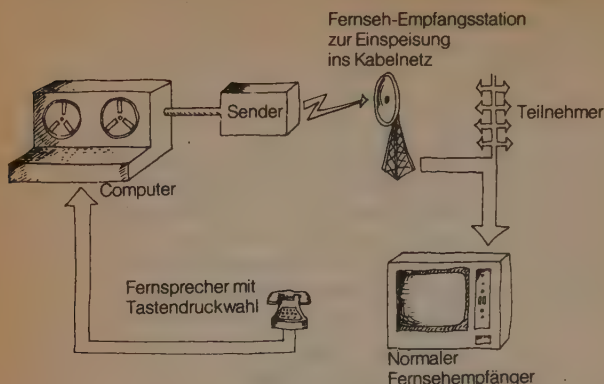


Doch die Kommunikationstechnologie kennt noch andere Systeme, etwa Satelliten, Wellenleiter und vor allem die optischen Leiter, die einen Laserstrahl verwenden. Der Wellenleiter ist ein Hohlrohr, durch das 250 000 Telefongespräche gleichzeitig geführt werden können, das bedeutet einen Informationsfluß von 15 Millionen Bit pro Sekunde. Die theoretische Kapazität des Lasers erreicht Dutzende von Millionen gleichzeitiger Verbindungen; vielleicht wird sie alle gegenwärtigen und künftigen Bedürfnisse der Gesellschaft übersteigen.

Die gebräuchlichsten »Terminals«, die man heute in sehr vielen Wohnungen findet, sind Telefon und Fernsehapparat. Ihre Entwicklung reicht vom *Tasten-Telefon*, das die Verbindung mit Computern erlaubt, zum *Fernseh-telefon* und dem *Fernsehen durch interaktive Kabel*, zwei konkurrierenden Systemen. Für die Benutzer wird das häusliche Kommunikationsterminal wahrscheinlich wie eine Kombination von Fernseher, Fernsprecher und Fernschreiber aussehen. Er wird die Funktionen einer Bibliothek, einer aktuellen Zeitschrift, eines Versandkatalogs, eines Postamts, einer Schule, eines Theaters, eines Telefonnachrichtendienstes und eines Amtsnachrichtenblattes gleichzeitig übernehmen.



Die mit den Übertragungsnetzen verbundenen Computer sorgen für die Auswahl der Informationen, die Kontrolle der Verbindungen unter den Benützern und die Speicherung der Informationen in den Datenbanken.



Solche synchronen Systeme der Speicherung und der elektronischen Übertragung gibt es auf der Ebene eines ganzen Landes noch nicht, aber sie funktionieren schon in Universitäten, Forschungszentren, Großunternehmen und Verwaltungs- oder Finanzorganisationen und dergleichen. Wahrscheinlich wird ihre Schaffung auf der Zusammenarbeit zwischen Kabelfernseh-Gesellschaften und Informationsdiensten beruhen.

### Einrichtungen für die »Unmittelbarkeit«

Die verkabelte Stadt wird eine Realität. In den USA empfangen 10 Millionen Wohnungen das Fernsehen über Kabel. 1980 werden es 30 Millionen sein. In Frankreich sind neue Städte wie Créteil oder Cergy-Pontoise an Kabel angeschlossen. Genau genommen sind schon alle Städte »verkabelt«, was die Strom- oder Telefonleitungen angeht. Aber das Koaxialkabel zum Fernsehen macht durch seine große Kapazität für die Informationsübermittlung nach beiden Richtungen den Weg in eine neue Ära der Dienstleistungen frei. Im übrigen gibt es nicht nur das Kabelfernsehen. Interaktion zwischen den Benutzern eines Netzes und zwischen Benutzern und Zentralstationen kann auch durch Ausbau des Telefonnetzes und die Benützung des Fernsehtelefons verwirklicht werden.

Ohne einen Unterschied zu machen zwischen den verschiedenen Anwen-

dungsmöglichkeiten, die dem Kabelfernsehen oder dem Fernsehtelefon eigen sind, kann man immerhin schildern, welche Art Dienstleistungen die Gesellschaft in »Unmittelbarkeit« anbieten könnte, indem man sie so beschreibt, als existierten sie schon.

### *Frei gewählter Zugang zu Informationen*

Jeder Abonnent eines Kabel-Fernsehdienstes genießt folgende Vorteile: Es genügt, einen Knopf zu drehen, um zwischen vierzig Programmen zu wählen. Ein anderer Dienst ermöglicht es ihm, mit Hilfe eines Tastentelephons mit dem Computer einer Zentralstation in Verbindung zu treten und auf einem Fernsehapparat die Informationen oder Programme seiner Wahl abzurufen.

Von zu Hause aus befragen die Benützer so die Datenbanken, deren Angaben ihnen in visueller Form (Grafiken, Fotos, Filme) präsentiert werden. Sie haben augenblicklichen Zugang zu juristischen Informationen, wie administrativer, finanzieller, technischer oder sportlicher Art. Sie konsultieren Archive oder seltene Dokumente, »besuchen« Museen oder Ausstellungen.

Ärzte und Ingenieure, die auf spezielle Informationen abonniert sind, werden auf das Erscheinen besonderer Publikationen hingewiesen. Dem Abonnenten wird eine »Zeitung nach Maß« ins Haus geliefert, ganz auf seine Interessen zugeschnitten. So wird Information nutzbringender, vielfältiger und individueller.

### *Visuelle Kommunikation*

Die visuelle Kommunikation durch das Fernsehtelefon geht über das schlichte Vergnügen hinaus, seinen Gesprächspartner auf dem Bildschirm zu sehen. Konferenzen werden abgehalten, deren verschiedene Teilnehmer Hunderte von Kilometer auseinander sind. Verwandte »besuchen« Kranke in den Kliniken oder Häftlinge im Gefängnis. Studenten nehmen an Vorlesungen oder Spezialkursen teil. Ärzte untersuchen ihre Kranken, indem sie die medizinischen Unterlagen (Röntgenaufnahmen, EKG oder EEG, Gewebeproben) unmittelbar zu Rate ziehen. Rechtsanwälte, Fachberater für finanzielle, juristische oder technische Fragen arbeiten mit ihren Klienten an denselben Papieren. Privatgespräche mit psychologischen Beratern oder solchen, die für Eheprobleme oder Familienplanung zuständig sind, kommen in Gang. Betriebe arrangieren ein erstes Treffen mit Bewerbern um eine Stelle. Redakteure und Journalisten, Verleger und andere bearbeiten zusammen den Umbruch und die Texte der Artikel.

### *Zwischenmenschliche Kommunikation: Mischung nach freier Wahl*

Informationen aus den verschiedensten Bereichen, für die Angebot und Nachfrage besteht, werden im Computer gespeichert. Je nach den Kommunikationen mit den Abonnenten werden sie überwacht und aufs Lau-

fende gebracht. Wie in einer Art elektronischem Kleinanzeigendienst vergleicht der Computer das Besondere jedes Angebots und jeder Nachfrage und bringt die Leute miteinander in Verbindung. Das ist das *Computer matching*, die Vermittlung für Vorstellungen, Situationen oder Interessen.

Nicht entpersönlichte, unwirksame Massenkontakte modifiziert diese Mischung nach freier Wahl, sondern die Qualität der gesellschaftlichen Beziehungen; sie erhöht die Wahrscheinlichkeit gegenseitiger Förderung des Denkens, den Vergleich zwischen unkonventionellen Initiativen, die Mobilität von Menschen und Ideen. Und sie kann unmittelbar angewandt werden beim Unterricht in Schule, Universität und Berufsausbildung, in Arbeitsvermittlungsstellen, die mehrere Städte betreuen, oder bei der Übermittlung von Technologien.

Daß man auf diese Weise Menschen in Kontakt zueinander bringt, kann auch dazu führen, daß die zu gemeinsamem Gebrauch bestimmten Güter besser genützt werden. Menschen, die im gleichen Gebiet arbeiten und in benachbarten Häusern wohnen, werden in Verbindung gebracht und können denselben Wagen benutzen, um zur Arbeit zu fahren. Die Experimente mit einem derart abgestimmten Verkehr (*car pooling*) bringen je nach Land und Gegend recht unterschiedliche Erfolge, in den Vereinigten Staaten wie in Europa. Aber die Vorteile dieses einfachen Prinzips liegen auf der Hand. Man könnte es auf viele andere Bereiche anwenden.

In fernerer Zukunft haben die Benützer des Netzes die Möglichkeit, mit Hilfe von dezentralisierten Computern, die aber allen zugänglich sind, miteinander zu verkehren. Hier kann man Publikationen, Angebote, Vorschläge speichern. Da jedermann nach freier Wahl und wann er will den Bestand der Datenbanken erkunden kann, wird er Kontakt bekommen zu den Persönlichkeiten, deren Gedankengut, Forschungen oder Aktivitäten ihm am meisten zusagen.

### *Dienste und Funktionen der Stadt werden geregelt*

Mit den interaktiven Kommunikationsnetzen nähert sich die Stadt noch mehr dem Bild eines lebenden Organismus an. Die Kabelstadt sorgt für den Schutz der Häuser und Wohnungen vor Diebstahl und Feuer: Detektoren und Alarmanlagen sind durch das Koaxialkabel direkt mit den hilfeleistenden Dienststellen verbunden. Elektrizitäts- und Gaswerk lesen die Zähler durch direktes Befragen ab. Polizeidienststellen prüfen auf Entfernung die Fotos von Verdächtigen, Fingerabdrücke, gestohlene Fahrzeuge und Gegenstände. Detektoren und Fernsehkameras an Straßen und Straßenkreuzungen senden Computern die Informationen, die zur Überwachung des Stadt- und Straßenverkehrs gleichzeitig dienen. Die Automation der Verkehrsampeln, die Umleitungen im Fall von Stauungen oder schlechten Wetterbedingungen sorgen für einen flüssigeren Verkehr.

Werfen wir noch einen Blick auf die extrem miniaturisierten Kommunikationssysteme, die den Science-fiction-Autoren und Futurologen so teuer sind. Schon können Privatwagen mit Radiotelefonen ausgestattet werden. In mehreren Ländern werden Menschen-Ortungsgeräte eingesetzt, analog zu den Summern, mit denen Chirurgen in Notfällen herbeigerufen werden. Diese Systeme funktionieren künftig nicht nur auf der Ebene großer Organisationen, sondern der einer ganzen Nation (*Nation Wide Paging Systems*). Die sofortige zwischenmenschliche Kommunikation mit Hilfe von Mini-Sendern und -Empfängern ist technisch möglich, auch auf große Entfernungen.

### *Der Dialog zwischen Computern*

Die Computernetze sind aneinander angeschlossen. Das ARPA-Netz verbindet die Computer von dreißig amerikanischen Universitäten durch kleine Computer, die gleichzeitig übertragen. Wie regelrechte »Ganglien« an den Knotenpunkten eines Nervensystems sorgen sie für die Übersetzung der Nachrichten, aus der Sprache eines Computers in die eines andern. Dieses Netz erstreckt sich jetzt auch auf europäische Computer und gibt ihnen theoretisch augenblicklichen Zugang zu allen spezialisierten Programmbibliotheken, die auf dem Campus von dreißig amerikanischen Universitäten erreichbar sind.

Die Praxis der Telekonferenzen, die schon ziemlich verbreitet ist, da sie von den Telefongesellschaften als zusätzliche Leistung angeboten wird, zieht aus dieser wechselseitigen Verbindung der Computer Nutzen. In den Vereinigten Staaten hat ein Institut ein als FORUM bezeichnetes System entwickelt, das es Experten ermöglicht, gleichzeitig oder zu einem späteren Zeitpunkt mit anderen Fachleuten über ein bestimmtes Thema zu konferieren, wobei sie von den Aufnahmekapazitäten der Computer oder Spezialinformationen in den Datenbanken profitieren.

### **Gesellschaftliche Auswirkung der Dienstleistungen**

Die Möglichkeit, Reisen durch Kommunikation zu ersetzen, ist seit einem Jahrzehnt eines der Lieblingsthemen der Futurologen. Die Vorstellung, Informationen durch Drähte zu schicken, statt Menschen auf den Straßen verkehren zu lassen, hat den verlockenden Beigeschmack von Effektivität und Ersparnis an Energie und Zeit.

Sehr wenige Untersuchungen aber sind angestellt worden über das Verhältnis von Verkehr und Kommunikation. Nach der Energiekrise rückt diese Frage wieder in den Vordergrund der Aktualität. Eine reduzierte Zahl der beruflichen Reisen oder der täglich hohen Mobilität von Stadtbewohnern hätte nicht nur den Vorteil, den Kraftstoffverbrauch einzuschränken, sondern auch die Luftverschmutzung, den Lärm und die Hektik der Großstädte zu vermindern.



Das bedeutet natürlich nicht, daß wir uns auf eine Gesellschaft zubewegen, in der die Leute sich nur noch zum Vergnügen oder in der Freizeit vom Fleck rühren. Bestimmte Berufe werden immer Ortsveränderungen verlangen. Man kann sich schlecht vorstellen, daß ein Koch seine Gerichte oder ein Friseur einen Haarschnitt mit Hilfe eines geschlossenen Fernsehkreises realisiert. Ebenso wenig kann man einen Sport ausüben, sich braun brennen lassen oder Waldluft einatmen, indem man ein Fernsehtelefon benützt. Glücklicherweise übrigens. Aber praktisch alles, was sich in einem Büro abspielt – Schreiben, Lesen, Notizen oder Briefe diktieren, Telefonieren und an Besprechungen teilnehmen – könnte von zu Hause aus vorgenommen werden. Und der persönliche Kontakt? Den kann nichts ersetzen, das stimmt. Aber nichts hindert einen daran, sich persönlich zu einem Kunden zu begeben, persönlich einen Vertrag zu unterzeichnen, Menschen nach persönlichem Eindruck zu beurteilen.

Der Großteil der Kommunikationen, die das Leben der Betriebe bestimmen, wird immer mehr über Fernsehtelefon, Kabelfernsehen und Telekonferenzschaltungen gehen. 1973 von der Universität Cornell angestellte und von Edward N. Dickson in einem Bericht über den Einfluß des Fernsehtelefons zitierte Berechnungen versuchen vergleichende Kostenschätzungen zwischen Reisen und elektronischer Kommunikation.

Angesichts der Energiekrise sind diese Vergleiche sehr interessant. Acht Stunden Reise über den Atlantik in einer Boeing 747 mit dem Ziel eines persönlichen Zusammentreffens kosten achtmal soviel Energie wie eine Besprechung von gleicher Dauer durch das Fernsehtelefon. Auf kürzere Entfernungen berechnet, kann die Energie, die in fünf Litern Kraftstoff enthalten ist, entweder einen Wagen 50 Kilometer weit antreiben oder 66 Stunden ununterbrochener Besprechung durch Fernsehtelefon ermöglichen. Wirtschaftlich gesehen bietet der Ersatz von Reisen durch Fernsehtelefon keinen Anreiz. Auf lange Sicht aber sind sich die Telekommunikations-Fachleute darin einig, daß Reisen die am wenigsten wirksame und kostspieligste Lösung werden könnte. Der allmähliche Ersatz von Ortsveränderungen durch Kommunikation wird sich höchstwahrscheinlich stark auf die Struktur der Großstädte auswirken. Als Folge der Dezentralisation werden die Metropolen auseinanderbrechen in Gemeinden, die Dörfern ähneln und in denen die Bewohner von zu Hause aus arbeiten können. Diese Entwicklung wird zur Entstehung einer »neuen ländlichen Gesellschaft« führen.

Die Gesellschaft der »Unmittelbarkeit« wird eine Explosion der Bildungsmittel erleben. Die freie Auswahlmöglichkeit und die zwischenmenschliche Kommunikation werden Weiterbildung in allen Lebensaltern und allen Gesellschaftsschichten erleichtern. Die interaktiven Informationsnetze werden noch eine weitere rasche Entwicklung in Gang setzen, die der Dienstleistungen. Die industrielle Zivilisation ist auf den Prinzipien der Massenproduktion aufgebaut. Die sich durchsetzende Informa-



tionsgesellschaft wird dagegen auf selektiver Produktion und Entstandardisierung beruhen. Der Erfolg handwerklich hergestellter Waren oder die Anzahl von Zeitschriften, die nur kleine Lesergruppen erreichen, sind die Anzeichen dafür. Das Zusammenführen und die Annäherung der Menschen durch visuelle Kommunikation führen dazu, daß eine Menge neuer Dienstleistungen entstehen. Sie beschleunigen die »Entmaterialisierung« der Wirtschaft, wie sie schon im Gang ist.\*

## Soziale Rückkopplung

Einer der wichtigsten Vorteile der neuen elektronischen Informationssysteme besteht darin, daß sie eine Rückkehrmöglichkeit für die Informationen zum Entscheidungszentrum bieten. Ohne diese Rückkopplung kann es keine effektive Mitwirkung geben; noch weniger eine Gesellschaft mit sozialer Wechselwirkung.

Der Rücklauf der Informationen auf allen Ebenen des sozialen Gefüges stellt eine globale kybernetische Kontrollschleife dar, die ich *soziale Rückkopplung* nenne.

Ohne Regelschleifen ist ein soziales System mit »direktem Kommando« nichts anderes als eine Diktatur. Mit der Einrichtung von Regelschleifen kann sich das System zur Demokratie hin entwickeln. Doch heute entspricht die Wirksamkeit der traditionellen Regulierungs- oder Mitwirkungssysteme, vor allem ihr langsames Reagieren, nicht mehr den Anforderungen einer Gesellschaft in raschem Umbruch.

### Möglichkeiten des Mitwirkens und das Ungleichgewicht der Macht

Die ältesten Formen sozialer Rückkopplung sind wahrscheinlich Beifall und Hohneschrei einer Menschenmenge. Am häufigsten angewandt jedoch wird die Abstimmung. Allerdings weiß jeder über die Grenzen und Schwächen dieser Methode Bescheid: die nur zeitweilige Mitwirkung, die

---

\* Diese – absichtlich zukunftsgläubige – Schilderung der Dienstleistungen in »Unmittelbarkeit« versuchte zu zeigen, wohin uns die explosionsartige Entwicklung der Telekommunikation und der Informatik führen könnte. Man muß sich aber auch mit der anderen extremen Position auseinandersetzen, die von Soziologen oder Architekten wie Yona Friedman eingenommen wird: Jede globale Kommunikation ist unmöglich wegen der bedenkliehen Zerstückelung der Gruppen. Wir gehen auf eine »arme Welt« zu, die zerteilt sein wird in eine Vielzahl kleiner Gemeinschaften, die auf ein Minimum reduzierte Verbindungen unterhalten.

langen Fristen zwischen den Entscheidungsterminen, die übermäßige Simplifizierung der Wahlmöglichkeiten, die Unmöglichkeit, die *Intensität* der individuellen Meinung zur Geltung zu bringen. Aber trotz dieser Unvollkommenheiten bleibt die Abstimmung die Grundlage der Mitwirkung in den demokratischen Staatsformen. Es gibt noch andere Formen gesellschaftlicher Rückkopplung.

Der Marktpreis von Waren und Dienstleistungen ist das Fundament einer Art von ständiger Abstimmung, die sich in der Vielzahl von gleichzeitigen Transaktionen zwischen Käufer und Verkäufer äußert.

Auch die Wertpapierbörse stellt ein System der Mitwirkung »in Unmittelbarkeit« dar. Jeder Kauf- oder Verkaufauftrag ist eine Art permanenten Votums, das den Wert der Kurse modifiziert und den Betrieb vieler Unternehmen, viele Finanzgruppierungen und als Folge davon die Lebenshaltung vieler Arbeiter tief beeinflusst.

Seit langem versuchen führende Politiker, Gewerkschaftsführer, Chefredakteure, Fernsehprogrammdirektoren oder Leiter von Werbeagenturen dahinterzukommen, was die Leute denken, um die Reaktionen der »Masse« voraussehen und den Bedürfnissen und Wünschen der Bürger entsprechen zu können. Es kann keine echte Kommunikation geben ohne einen Rücklauf von Antworten, ohne Interaktion mit der Nachrichtenquelle.

Überschwemmt von der Flut absteigender Informationen, sind die Bürger zur Rolle passiver Beobachter verurteilt. Das Frustrationsgefühl, das sie erfüllt, wird ausgelöst durch das Ungleichgewicht zwischen der unbestreitbaren erzieherischen Wirksamkeit der Kommunikationsmittel und den kaum vorhandenen Rückkopplungskanälen, die jedermann erlauben würden, seine Meinung zu äußern oder voll an der Gestaltung der Gesellschaft, in der er lebt, teilzunehmen.

Auch zwischen zwei neuen Gesellschaftsschichten entsteht ein Ungleichgewicht: den »Reichen an Information« und den »Armen an Information«. Dieser Graben droht noch tiefer zu werden angesichts der Benützungskosten interaktiver Kommunikationsnetze.

Die explosive und unkontrollierte Ausbreitung der Medien hat also eine anarchische Situation geschaffen, eine neue Form der Umweltverschmutzung durch Information und ein tiefes Unbehagen bei allen, die Information ertragen müssen, ohne die Möglichkeit zu ihrer Kontrolle zu haben.

## **Umkehr der Gewalten**

Wir erleben heute, vor allem aufgrund der ständigen Proteste und Pressionen durch die junge Generation, eine Tendenzwende. Bei den Studenten zahlreicher Länder läßt sich die Zunahme starker antibürokratischer und antielitärer Gefühle beobachten, das Anprangern jeder Form der über-

mäßigen Zentralisierung der Kräfte, ein heimlicher Krieg gegen den Einfluß dessen, was Ivan Illich die »radikalen Monopole« nennt: das System der Bildung, der Gesundheitspflege, der Information, der Vergnügen, des Verkehrs und der organisierten Freizeit.

Aber dieses Gefühl äußert sich nicht nur in großen Treffen und Artikeln der *Untergrundpresse*. Es führt auch zu einer Fülle von Initiativen:

Man erlebt, daß die Bürger stärkeren Druck ausüben, um Gesetze und Verordnungen durchzusetzen, die die Macht bestimmter Organisationen begrenzen und sie gleichzeitig der Öffentlichkeit gegenüber »transparenter« machen. Die Entstehung einer vierten Gewalt (nach Legislative, Exekutive und Rechtsprechung), der Presse, wie sie sich in der Watergate-Affäre in den Vereinigten Staaten darstellte, ist ein Zeichen für den starken Willen, die Gewalten wieder ins Gleichgewicht zu bringen. Damit soll verhindert werden, daß der Nation verschwiegene Informationen zu parteiischen Zwecken kontrolliert und benützt werden.

Die Enqueten und Veröffentlichungen Ralph Naders und seiner *Raiders* haben die Notwendigkeit einer strengen Kontrolle öffentlicher Institutionen und spezialisierter Regierungsstellen aufgezeigt, denn diese üben in bestimmten Bereichen des Alltagslebens (wie Ernährung, Gesundheitswesen, Erziehung und Verkehr) ein Machtmonopol aus. Im Fall der Food and Drug Administration (FDA) und der Federal Trade Commission (FTC) haben diese Enqueten schwerwiegende Folgen von übereilt oder unter dem Druck von Industriegruppen getroffenen Maßnahmen aufgedeckt.

Das Aufkommen des *Consumerism* und der verstärkte Einfluß von Verbraucherverbänden, Elternvereinigungen, Bürgerinitiativen oder Umweltschutzorganisationen tragen dazu bei, daß man die bisher überhörte Stimme jener sozialen Gruppen zur Kenntnis nimmt, die im Leben des Landes eine entscheidende Rolle spielen.

Die großen Umzüge und Versammlungen von Studenten, die Protestmärsche und *Sit-ins* vor Fernsehkameras sind offensichtlich direkte Formen sozialer Rückkopplung, deren Auswirkungen man nicht unterschätzen sollte.

In den Vereinigten Staaten wurden Gemeindezentren für Informationsaustausch geschaffen (*Community Information Exchange Centers*); verstreut in Kleinstädten oder einzelnen Vierteln der Großstädte dienen sie dazu, Menschen über die verschiedenartigsten Themen miteinander in Kontakt zu bringen. Da geht es um wechselseitige Erziehung, Beratung in familiären oder beruflichen Fragen, Drogenabwehr, da gibt es Hobby-Kurse, Gruppen, die sich mit Philosophie oder Religion oder mit Umweltschutz befassen. Solche Zentren werden auch für das Sortieren der häuslichen Abfälle und ihre Wiederverwendung benützt.

Diese Arten gesellschaftlichen Drucks, gekoppelt mit den Möglichkeiten, die die neuen interaktiven Kommunikationsnetze bieten, werden Millio-

nen Wege und Kanäle öffnen, auf denen der einzelne sich äußern kann. Nach und nach werden sie dazu führen, daß sich der Informationsfluß auf allen Ebenen der gesellschaftlichen Struktur umkehrt und wieder einpendelt.

### **Die Rolle der Medien: Elektronische Mitwirkung**

Die Medien registrieren rasch das steigende Unbehagen der Bürger, die sich »von der Macht ferngehalten« fühlen. Ihre Initiative hat weitgehend dazu beigetragen, daß neue Möglichkeiten gesellschaftlicher Rückkopplung geschaffen wurden. Es scheint, daß anfänglich die Rundfunk- und Fernsehanstalten, dann die Träger des Kabelfernsehens als erste das soziale (und wirtschaftliche) Potential dieser neuen Form der durch die Elektronik angebotenen Massenmitwirkung wahrgenommen haben.

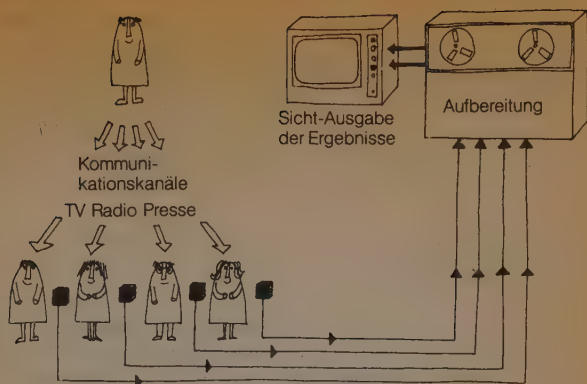
Die allerersten Erfahrungen mit Kollektiv-Reaktion zu Rundfunk und Fernsehen sind bezeichnend. Vor einigen Jahren erzählte der Direktor einer großen amerikanischen Fernsehgesellschaft der Presse folgende Anekdote: Die Ingenieure der New Yorker Wasserwerke waren höchst erstaunt über nur wenige Minuten dauernde, regelmäßige Verbrauchsspitzen im Abstand von 15 Minuten. Nach Abschluß ihrer Untersuchungen fanden sie heraus, daß die Verbrauchswellen genau mit den Werbefunkzeiten in allen wichtigen Fernsehgesellschaften übereinstimmten. Resultat: Die Zuschauer benutzten die paar Minuten Unterbrechung der Programme, um ein Glas Wasser zu trinken oder das Badezimmer aufzusuchen.

Rundfunkstationen in zahlreichen Ländern ermöglichen heute Anrufe der Zuhörer bei Diskussionssendungen. In den Vereinigten Staaten gibt es Gesellschaften, die fast ihre ganze Sendezeit dem Gespräch mit den Hörern widmen: das *person-to-person-radio*. In Frankreich haben Rundfunk- oder Fernsehsendungen, bei denen Hörer und Zuschauer unmittelbar ihre Meinung äußern oder mitwirken können, großen Erfolg. Amerikanische und deutsche Fernsehanstalten bringen seit mehreren Jahren Serien mit »partizipativen« Sendungen. Die Zuschauer wählen als Antwort auf eine aktuelle Frage, die man bejahen oder verneinen kann, zwei verschiedene Telefonnummern, die ja oder nein bedeuten. Die Anrufe werden verrechnet und rasch über den Sender bekanntgegeben.

Weiter vervollkommnete Methoden gesellschaftlicher Rückkopplung werden gegenwärtig in den Vereinigten Staaten experimentell ausprobiert. Sie reichen vom Terminal, der beim einzelnen installiert wird und es ihm erlaubt, seine Meinung durch einen Knopfdruck zu äußern, bis zu Fragebogen für eine ständige Meinungserforschung, die Tages- oder Wochenzeitungen beiliegen.

Kabelfernsehgesellschaften erproben zur Zeit verschiedene Typen inter-





aktiver Systeme. Manche, *Subscriber Response Systems* (SRS) genannt, ermöglichen einem einzigen Computer, Informationen aus Terminals von 10 000 Abonnenten in weniger als zwei Sekunden zu sammeln. In der Stadt South Orange in New Jersey nehmen 4000 Abonnenten einer Kabelfernsehanstalt an Untersuchungen über die Programme und ihre Qualität teil.

Die großen Zeitungen haben sich an Versuchen gesellschaftlicher Rückkopplung in großem Stil bisher nicht beteiligt, ausgenommen die Veröffentlichung von Meinungsumfragen. Solche Veröffentlichungen sind ein wohlbekannter Brauch, der seit Kriegsende geübt wird, eine Art Spiegel der Gesellschaft, in dem die Bevölkerung eines Landes das statische Ergebnis ihrer Stellungen und Wünsche in den verschiedensten Bereichen erblickt.

Alle Experimente mit gesellschaftlicher Rückkopplung zeigen bis heute eine wichtige Tatsache: Eine kollektive Rückkopplung ist für den einzelnen Teilnehmer nur dann annehmbar, wenn er gleichzeitig auch die *Resultate der Gesamtheit der anderen Teilnehmer* erhält. So erklärten zum Beispiel Schüler, es sei ein großer Unterschied, ob man sich zusammen mit 80 Prozent der Klasse täusche oder ganz allein. Und auf jeden Fall wollten sie es wissen. Die gesellschaftliche Rückkopplung scheint demnach den Willen zur Mitwirkung zu stärken; man will mehr über die Sache wissen und aus den Antworten der anderen lernen.

Ebenfalls überraschend bei dieser Art von Experimenten ist das Gefühl der Komplizenschaft, das die einzelnen des Kollektivs der Teilnehmer an einer großangelegten Befragung untereinander verbindet und zusammenhält; jeder hat das Gefühl, in einer neuen Dimension zu agieren, wir-



kungsvoll an etwas teilzunehmen, das mehr ist als er selbst und ihn seinesgleichen näherbringt.

Die Intensität einer unmittelbaren gesellschaftlichen Rückkopplung durch tausend-, ja millionenfache Einzelreaktionen hat etwas Faszinierendes und Beunruhigendes zugleich, so wie eine kaum gekannte und kaum genutzte wilde Kraft, die aber ein neues Gleichgewicht von Macht und Kontrolle erahnen läßt.

## Probleme der Repräsentation

Wenn man davon spricht, welche Rolle die Telekommunikationsmittel und die Informatik möglicherweise in den verschiedenen Formen kollektiver und gleichzeitiger Antworten, die ich gesellschaftliche Rückkopplung nenne, spielen könnten, erweckt man sogleich im Geist vieler Leute zwei Zukunftsbilder, die beide gleichermaßen verzerrt sind. Das erste ist die Vorstellung eines »permanenten elektronischen Referendums«, das den Bürgern über die verschiedensten Dinge abverlangt wird, das zweite die eines Riesencomputers, der mit jedem Wähler in Verbindung steht und Minister wie Abgeordnete in ihrer Aufgabe als Koordinatoren und Planer des wirtschaftlichen und auch des gesellschaftlichen Lebens des Landes ersetzt.

Diese beiden Vorstellungen sind natürlich ebenso absurd wie unrealisierbar. Derartige Einrichtungen würden, sollten sie im geringsten funktionieren, Bürger voraussetzen, die über alle zur Debatte stehenden Probleme so informiert sein müßten, daß sie den größten Teil ihrer Zeit damit zubrachten, die zur Entscheidung nötigen Informationen zu sammeln, zu überlegen und zu vergleichen. An etwas anderes könnten sie nicht mehr denken.

Glücklicherweise ist die Elektronik nicht geeignet, aus jedem Wohnzimmer ein Regierungszentrum zu machen. Überdies wäre diese Form fortgesetzter Abstimmung, und das noch auf Landesebene, im Fall ihrer Realisierbarkeit sehr gefährlich. Die unmittelbare Antwort von Millionen Bürgern auf Fragen des Staatsoberhauptes, direkt auf dem kleinen Bildschirm gestellt, läßt an einen Kurzschluß denken, mit dem ganzen ungeheuren Energieverlust, der damit einhergeht. Die in einem einzigen Augenblick von der Basis der Gesellschaftspyramide zum Gipfel aufsteigende Information hätte die gleiche lähmende Wirkung wie ein tödlicher Stromstoß. Mehr denn je muß man sich die *Verzögerungszeit der Antwort* in den sozialen Organismen vor Augen führen, die Abstufung der Ebenen, die den Zwischeninstanzen und Repräsentativ-Organen die Möglichkeit gibt, ihre Rolle als Übersetzer zu spielen. Das Fehlen von Reibungen, Aufschüben und Zwängen kann zu äußerst gefährlichen Schwingungen führen, die sich selbst verstärken. Ein gewisses Filtern, Blockieren, ja sogar

ernsthafte Störungen, die durch individuelle Interaktionen auftreten, schützen das Gesellschaftssystem und lassen ihm die nötige Zeit, um sich an rasche Veränderungen und neue Situationen anzupassen. Sie wirken auch mildernd auf die Schwingungsbreite der Antworten, beseitigen »Nebengeräusche« und bringen so auf längere Sicht die bedeutsamen Informationen und Tendenzen ans Licht.

Ein wirksames partizipatives System sollte außerdem nicht nur die Antworten der Leute in Betracht ziehen, sondern auch die *Intensität* dieser Antworten. Eine Antwort ist leer ohne die Dimension, die ihr die Intensität verleiht. Man merkt, wie schwierig es ist, die Wirkung gefühlsbetonter oder leidenschaftlicher Reaktionen einer Masse einzelner zu mildern, die über die Einzelheiten der von ihnen zu begutachtenden Situation wenig unterrichtet sind. Und gleichzeitig soll man noch die Intensität der Antworten der Minorität zur Geltung bringen!

Anstelle nationaler »elektronischer Referenten« werden ganz im Gegenteil dezentralisierte Partizipationsmethoden benötigt, die auf örtlicher Ebene fortgesetzte Kontrolle und Planung der wirtschaftlichen und sozialen Vorgänge ermöglichen. Der menschliche Organismus und die biologischen Systeme im allgemeinen bieten uns zahlreiche Modelle für eine dezentralisierte Regulation des Gleichgewichts an. Eine solche Dezentralisierung rückt also die Funktion der *Repräsentation* aufs neue in den Vordergrund.

Aus dem subtilen Spiel von Ausgleich, Auswahl und Verhandlungen erwächst die Funktion repräsentativer Institutionen, wie sie auf »makroskopischer« Ebene als systemeigen hervortritt. Die Frage lautet demnach nicht, ob man sich der Volksvertreter verschiedener Form entledigen sollte, weil sie technologisch durch die Revolution der Kommunikationsmittel »überholt« wären, sondern wie wir die interaktiven Partizipationsysteme (elektronisch oder nicht) auf allen Ebenen gesellschaftlicher Organisation dazu benützen, die repräsentativen Funktionen zu stärken und vor allem das Kräftespiel zwischen Repräsentanten, Repräsentierten und Führenden wieder ins Gleichgewicht zu bringen.

Dennoch läßt sich nicht leicht sagen, welche elektronischen Einrichtungen den verfassungsmäßigen Gremien, den Lobbies und Interessentengruppen, den Verbraucherverbänden, Betriebsräten und Gemeinderäten hilfreich sein könnten. Aber man kann versuchen, die Rolle der Volksvertreter zu stärken, indem man ihnen Zugang verschafft zu einer Art »Gutachten-Service«, der sie neutral und objektiv unterrichtet mit Hilfe von elektronischen, interaktiven Partizipationssystemen, die mit den Bürgern in Verbindung stehen.

Diese Systeme, die jeweils für besondere Gebiete entworfen werden müssen, werden in Stadtverwaltungen, internationalen Organisationen oder großen Symposien eine immer wichtigere Rolle spielen. In mehreren Ländern werden Einrichtungen eines »permanenten Referendums«, die

nicht nur mit ja oder nein antworten, sondern Erwidierungen formulieren, experimentell erprobt.\*

Vor allem werden sich solche Systeme an festen Örtlichkeiten installieren lassen. Nach und nach werden sie dann durch Querverbindungen über ganze Berufszweige gestreut, schließlich geografisch über ganze Regionen ausgebreitet. Wahrscheinlich macht sich ihre Auswirkung zuerst in den Betrieben bemerkbar.

Entgegen dem, was die klassischen Theorien des Managements anpreisen, wird es immer größerer Aufmerksamkeit bedürfen für den Informationsfluß, der von der Basis zu den Entscheidungszentren strömt. Niemand kann ein Problem besser erkennen als derjenige, dem es auf den Nägeln brennt.

### **Vorteile und Gefahren der »Gesellschaft der Unmittelbarkeit«**

Der sofort mögliche Zugang zu Informationen und die elektronischen Partizipationssysteme zeigen einen hoffnungsvollen Weg: den Übergang in eine gerechtere und humanere Gesellschaft. Gleichzeitig stellen sie eine der ernstesten Bedrohungen dar, die je auf der Menschheit lasteten. Niemals war die Gefahr einer Konzentration der Macht in einigen wenigen Händen größer. Aber es gab auch nie mehr Chancen, daß die Bürger einander näher kommen und ihre Entfremdung aufheben.

Die Neuverteilung der Macht, die die Information ermöglicht, verlangt nach einer bewußteren Mitwirkung der Individuen am globalen Funktionieren der Gesellschaft, an ihren großen Entscheidungen, an der Herstellung von Gleichgewichten. Auf lange Sicht kann die Schleife gesellschaftlicher Rückkopplung, auf der Beobachtungsebene des Makroskops betrachtet, eines der wichtigsten Elemente der Gesellschaftsveränderung sein, der Kontrolle des Energieverbrauchs, der Kontrolle der Wachstumsraten, der Anpassung der Produktion an den Bedarf, der Überwachung der Müllproduktion und der Wiederverwertung.

Auf dem Höhepunkt der »Energiekrise« war die Öffentlichkeit überrascht, welche eindrucksvollen Resultate die Sparaktionen eines Landes – Verkehrseinschränkungen oder Reduzierung der Heizungen – in wenigen Wochen erbrachten. So kann jeder aus den Rückwirkungen erkennen, welche Kraft auf ein bestimmtes Ziel hin koordinierte und synchronisierte Kollektivbewegungen entwickeln können. Der große Unterschied zu anderen analogen Bewegungen, die es in der Geschichte gab (Kriege, faschistische oder totalitäre Diktaturen), ist der, daß zum erstenmal die Bewegungen von den Bürgern selbst und in ihrem eigenen Interesse koordiniert werden konnten.

---

\* Einige Beispiele dafür finden sich im Kapitel über Erziehung S. 242 ff.

Die gesellschaftliche Rückkopplung macht es möglich, auf Bedürfnisse oder Bitten zu reagieren, sich anzupassen an eine Umwelt, die sich rapide entwickelt, bestimmten Ereignissen vorzugreifen und sie als Evolutionsfaktor zu benützen, statt durch immer neue Krisen zu steuern. Die großen Presseorgane und Fernsehanstalten kommen in die Lage, ihre Produktionen und Programme besser dahin auszurichten, daß sie den Bestrebungen des Publikums entsprechen und durch einen offenen Dialog mit ihm seinen Kenntnisstand fortlaufend verbessern. Aber die Demokratie in »Unmittelbarkeit« bietet nicht nur Vorteile; wenn sie schlecht geführt und schlecht kontrolliert wird, kann sie zur schlimmsten Diktatur führen. Eine sensiblere Gesellschaft mit sozialen Wechselwirkungen, die von sehr komplizierten Regulationssystemen abhängt, wird noch anfälliger für Zerstörung und Verdrehungen aller Art, genau wie jeder sehr differenziert lebende Organismus. Welche Garantien wird man der Bevölkerung bieten, um sie davor zu sichern, daß die interaktiven Kommunikationsnetze nicht den Interessen kleiner politischer oder industrieller Gruppen dienen, sondern denen der Allgemeinheit? Die Daten aus einer »unmittelbaren« Untersuchung lassen sich sehr leicht fälschen oder manipulieren, indem man Kriterien auswählt, die die Daten verändern.

Die Kosten für die Installierung elektronischer Systeme, die sofort Informationen liefern, könnten so hoch sein, daß nur einige Großbetriebe über die Mittel verfügen, sie zu entwickeln, zu benützen oder zu kontrollieren – und das ausschließlich in ihrem eigenen Interesse. Die gesellschaftliche Rückkopplung, auf welcher Ebene sie sich auch äußert, ist also nur dann von Wert und Interesse, wenn sie von *allen* betroffenen Individuen ausgeht.

Die Gefahr einer Manipulation des zu den Entscheidungszentren aufsteigenden Informationsflusses und die Gefahr einer Beeinträchtigung des Privatlebens durch die Schaffung von Datenbanken über die Bürger liegt offen zutage. Ein mit Computern verbundenes Informationsnetz, das ständig beim einzelnen installierte Terminals abfragt, um ihre Fragen oder Wünsche zu erfahren, könnte zur Basis einer riesigen elektronischen Kartei über die Bürger werden. Das Gespenst des *Big brother*, wie es Orwell in 1984 schildert, nimmt mit zunehmender elektronischer Zentralisierung der Daten Gestalt an.

Die politischen Probleme, die durch die gesellschaftliche Rückkopplung aufgeworfen werden, sind bisher noch ziemlich wenig untersucht worden. Ich sprach von der Rolle der Volksvertreter. Wie aber kann man auf anderer Ebene eine ständige Kontrolle der Gruppen oder Organisationen, die die Computer programmieren oder die Netze instandhalten, durch die Bürger ausüben? Wie kann man überwachen, auf welche Weise die Fragen gestellt werden? Das ist ein besonders schwieriges Problem, wenn man weiß, welchen Einfluß die Formulierung der Fragen auf die Entscheidung der befragten Personen hat. Und wie kann man flüchtige Gefühlsre-

aktionen eliminieren? Wie die nötige Bedenkzeit einräumen und die Verzögerungen berücksichtigen, die den Sozialstrukturen eigen sind? Man kennt ihre Reaktionszeiten kaum. Sich kumulierende Auswirkungen einer Reihe von anscheinend bedeutungslosen Stimuli, die von den Medien aufgenommen werden, können ein Klima kollektiver Spannung oder Hysterie erzeugen. Und ein System elektronischer Partizipation wäre imstande, derartige Reaktionen durch positive Rückkopplung zu verstärken und ein katastrophales Kollektivverhalten herbeizuführen.

*Eine ganze Wissenschaft der Dynamik komplexer sozialer Systeme muß geschaffen werden. Wird es uns gelingen, unter Respektierung der persönlichen Freiheiten die kybernetischen Regulationsmechanismen in »Unmittelbarkeit« zu schaffen, die unseren sozialen Systemen so sehr fehlen, während sie doch die Grundlage der biologischen Systeme sind?*



# Zeitablauf und Evolution

Alles ist an die Zeit gebunden, sogar der Sinn der Worte. Wer Natur und Gesellschaft global sehen will, kann Probleme der Zeit nicht übersehen: Sie bestimmt sogar unsere Denkweise.

Der Begriff der Zeit und vor allem der Irreversibilität stehen heute im Mittelpunkt einer breiten Strömung des Denkens, einer naturwissenschaftlichen und philosophischen Strömung, die Errungenschaften der Thermodynamik, der Informationstheorie, der Kybernetik und der Biologie in eine zusammenhängende Darstellung der Natur zu integrieren.

## Der »Chronozentrismus«

Der Gegensatz zwischen der »physikalischen« Zeit, einer Art Bezugsrahmen für Ereignisse und Phänomene, und einer »psychologischen« Zeit, prall von gelebtem Leben, zeigt sich in der Alltagssprache wie in der der Organisationswissenschaft und der Informatik. Man spricht von gewonnener oder verlorener Zeit, von »unmittelbarer« Zeit, von freier Zeit und Zeitmangel.

Doch jenseits des Gegensatzes zwischen physikalischer und psychologischer Zeit drängt sich eine grundsätzliche Frage auf: Rührt vielleicht ein großer Teil dessen, was wir nicht begreifen oder was uns unvereinbar erscheint, daher, daß wir Begriffe benützen, die sich auf eine bestimmte Vorzugsrichtung der ablaufenden Zeit beziehen und damit gewissermaßen »polarisiert« sind? Diese Begriffe sind mit einem Gefühlsinhalt beladen, der ganz verschieden ausfällt, je nachdem, ob man sich unbewußt einen Zeitvektor denkt, der zur Entropie oder aber zur Organisation zeigt, je nachdem, ob man sich auf eine kausale, aus der vergangenen Erfahrung bezogene oder finale, auf die Zukunft bezogene Erklärung stützt. Könnte man möglicherweise so die unauflösbaren Konflikte erklären, die entstehen, sobald die Evolution das Diskussionsthema ist? Ist das der Kern der Auseinandersetzung zwischen Deterministen und Finalisten, oder allgemeiner gesagt, zwischen Materialisten und Spiritualisten?

Wenn wir derartige Konflikte überwinden wollen, müssen wir uns vor allem von dem lösen, was ich als »Chronozentrismus« bezeichne – ein

etwas seltsamer Ausdruck, ich gebe es zu; aber er soll hier eingeführt werden parallel zu zwei anderen, besser bekannten Begriffen, dem Geozentrismus und dem Anthropozentrismus. Was bedeutet er?

Dank der Theorien von Kopernikus und Galilei haben wir es geschafft, uns nach und nach aus dem Geozentrismus zu befreien, der erstickenden Vorstellung, die Erde sei Zentrum des Universums. Ebenso schwer aber fiel die Überwindung des Anthropozentrismus, der uns zu unserer Beruhigung in den Mittelpunkt aller Lebewesen stellte. Durch die Evolutionstheorie wird der Mensch wieder eine Spezies unter Tausenden von anderen.

Doch der schwerste Schritt bleibt noch zu tun. Wir sind eingesperrt in das Gefängnis der Zeit und das Gefängnis der Worte. Unsere Logik, unsere Schlußfolgerungen, unsere Modelle und Vorstellungen der Welt bleiben hoffnungslos unter dem Einfluß des »Chronozentrismus«, wie sie es einst unter dem des Anthropozentrismus und Geozentrismus waren. Und aus diesem Chronozentrismus erwachsen Konflikte, die das Denken lähmen. Können wir uns daraus befreien?

Es ist schwierig und gefährlich, sich an den Zeitbegriff heranzuwagen. Jeder hat im tiefsten Inneren das Gefühl, daß man heftig und hartnäckig kämpfen müsse, um mindestens diesen Begriff zu erhalten, damit man sich auch künftig von diesem lebenswichtigen Ariadnefaden leiten lassen kann, an dem man sich festklammert, als halte er das ganze übrige Universum zusammen. Diesen Faden abzureißen hieße, das Risiko einzugehen, das ganze, von den Generationen vor uns geduldig gewirkte Netz Masche um Masche aufzulösen, das Gewebe zu zerstören, auf dem die Vergangenheit sich abzeichnet und die Zukunft ihre Muster entstehen lassen will.

Dennoch muß man vorsichtig an diesem Faden ziehen, um zu sehen, wohin er führt und ob er nicht eine geschlossene Schlinge bildet. Die Welt *durch das Makroskop* zu betrachten, heißt, jenseits der Einzelheiten die großen Prinzipien erkennen, die uns mit dem Universum verbinden. Ohne den Versuch, aus der Einbahnstraße herauszukommen, in die uns der Pfeil der Zeit hineingezwungen hat, kann es keinen konstruktiven Dialog zwischen dem Objektiven und dem Subjektiven, zwischen Beobachten und Handeln geben.

## Erkenntnis der Zeit

### Wie entsteht der Begriff der Zeit?

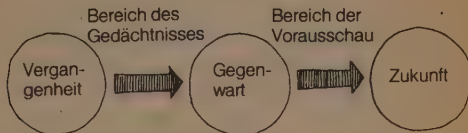
Ausgehend von unseren Empfindungen, projizieren wir die »Wirklichkeit« der festen Erde, des geometrischen Raumes und der ablaufenden Zeit ins Universum. Die meisten großen Gesetze der Physik leiten sich ab

aus Informationen, die (direkt oder indirekt) durch Auge und Muskel übermittelt und vom Gedächtnis gespeichert wurden.

Das Auge ist ein Instrument, das sich besonders dazu eignet, Formen zu erkennen, Veränderungen festzustellen, eine *Bewegung* wahrzunehmen. Der Muskel gibt die Möglichkeit, Gewichte oder Anstrengungen abzuschätzen und zu vergleichen. Er übersetzt die Beziehungen zur Außenwelt in Kräfteverhältnisse. Das Gedächtnis akkumuliert und konzentriert die Zeit, deren Verrinnen sich in unser Bewußtsein einschreibt.

Wir sind daran gewöhnt, Ereignisse zu beschreiben, indem wir vier Koordinaten verwenden: die drei Raumkoordinaten (»Wo ist es geschehen?«) und eine Zeitkoordinate (»Wann ist es geschehen?«). So wie es uns unmöglich erscheint, die Außenwelt zu erfassen, ohne ihre geometrischen Merkmale in Betracht zu ziehen, so können wir sie nicht schildern, ohne den Ablauf der Zeit zu berücksichtigen. Woher aber stammen die Begriffe *vorher* und *nachher*?

Erinnern und Vorhersehen treiben die Zeit aus der Vergangenheit (vorher) in die Zukunft (nachher). Diese beiden Wirkungsweisen des Bewußtseins werden verschieden, nicht symmetrisch wahrgenommen. Wir wissen, daß wir auf die Zukunft, aber nicht auf die Vergangenheit *einwirken* können. Wir haben das Gefühl, wir könnten die Vergangenheit *erkennen* (sogar in allen Einzelheiten), während uns die Zukunft in die Ungewißheit des Zufälligen und Möglichen gehüllt scheint.



Unser Bewußtsein entwickelt die Vorstellung der *Dauer* und registriert die aufeinanderfolgenden Ereignisse wie auf einem ablaufenden Papierstreifen. So erscheint eine Abfolge von Zacken als Einzelereignisse, die man numerieren kann. Mit der Feststellung, daß eine zuerst und die andere danach kommt, kann das Bewußtsein eine *Chronologie* der Ereignisse etablieren.

Gleichzeitig mit den Vorstellungen von Kraft, Bewegung und Vorher-Nachher erscheinen zwei weitere Begriffe, die nicht aufeinander zurückzuführen sind: das *Zusammenhängende* und das *Unzusammenhängende*. Wenn wir einen beweglichen Körper beobachten, der eine Flugbahn beschreibt, eine Straße betrachten, die wie ein Band unter den Rädern eines Wagens abläuft, oder zusehen, wie eine Flüssigkeit in stetigem Fluß ausgegossen wird, haben wir den Eindruck einer zusammenhängenden Bewegung. Wollen wir aber unsere Aufmerksamkeit – und wäre es nur

einen Augenblick – auf die augenblickliche Stellung des Körpers richten, etwa auf einen einzelnen Straßenstein oder auf einen einzelnen Wassertropfen, läßt diese Konzentration auf das Unzusammenhängende den Eindruck der Bewegung sofort verschwinden. Man kann Zusammenhängendes und Unzusammenhängendes nicht gleichzeitig scharf erkennen. Deshalb wird der Zeitablauf manchmal als *Dauer* und manchmal als Aufeinanderfolge von *Augenblicken* wahrgenommen.

Der Intellekt hat sich angewöhnt, aus der Kontinuität deutlich determinierte Augenblicke oder Gegenstände auszuwählen. Im Unterschied zur Intuition, die nach Bergson *Bewegungssinn* ist, läßt der Intellekt das, was er aus dem Fluß der Dauer isoliert, erstarren. Da er analytisch vorgeht, kann er Bewegungen oder Flüsse nur als Abfolge hintereinandergesetzter immobiler Positionen begreifen. Alles in der Natur Existierende muß aber *gleichzeitig* unter seinem zusammenhängenden und seinem unzusammenhängenden Aspekt betrachtet werden.

## Entwicklung der Vorstellungen über das Problem der Zeit

Ein kurzer historischer Rückblick, der die verschiedenen Zeitbegriffe im naturwissenschaftlichen und philosophischen Denken nachzeichnet, wird es ermöglichen, die Wege zu zeigen, auf denen man zu den modernen Theorien gelangte.

Ist der Begriff der Zeit eine objektive Gegebenheit, unabhängig vom Bewußtsein, das das Universum beobachtet? Oder entspringt er der rücksichtslosen Anpassung der Lebewesen an die Bedingungen des Universums?

*Die Zeit nach Aristoteles:* Um den Ablauf der Zeit zu messen, setzt man sie, durch die Bewegung, in Verbindung mit dem Raum. Für Aristoteles ist »Zeit die Zahl der Bewegung«. Man teilt also den Raum in eine Anzahl Einzelabschnitte ein, die man entweder in Verbindung bringt mit der Bewegung des Schattens einer Sonnenuhr oder – später – mit der Zeigerbewegung einer mechanischen Uhr. Auf dieselbe Weise kann eine Straße in gleich lange Abschnitte (durch Meilensteine bezeichnet) aufgeteilt und in Beziehung gebracht werden zur Bewegung eines Fahrzeugs. Das läuft darauf hinaus, die Zeit durch die regelmäßige Geschwindigkeit eines beweglichen Körpers zu messen.

*Die Zeit nach Newton:* Er stellt sich ganz ein auf die Erforschung einer »objektiven« Zeit, die außerhalb der Phänomene existiert, eines Zeitstroms, der sich in das Universum seiner eigenen Bewegung ergießt. Da Newton aber an die Basis seiner Mechanik den Begriff der *universalen Zeit* setzt, kommt er unweigerlich zum Prinzip des *absoluten Raumes*, nach dem jeder Ort, jede Position identisch ist mit einem anderen im ganzen

Universum. Für Newton müssen privilegierte, »absolut unbewegliche« Bezugsachsen existieren, die es ermöglichen, das Universum und die Prozesse, die sich darin abspielen, zu beschreiben.\*

*Die irreversible Zeit bei Carnot und Clausius:* Die Thermodynamik als Ergebnis der Arbeiten von Sadi Carnot (1824) und Clausius (1865) bezieht sich nicht mehr ausdrücklich auf den Begriff des Raums, sondern auf den der Zeit. Sie spricht von Umwandlung und nicht mehr von Bewegung. Auf der Ebene des Mikroskopischen, der einfachen und homogenen Systeme, die die klassische Physik untersucht, gibt es keine Irreversibilität. Die Gesetze der Physik berücksichtigen natürlich den Zeitablauf, aber nicht die Ablaufrichtung. Positive oder negative Zeit scheinen dieselbe Rolle zu spielen. Eine Welt mit rückwärts ablaufender Zeit wäre gewiß recht seltsam, aber durchaus vereinbar mit den physikalischen Gesetzen. Erst wenn man auf der Ebene des Makroskopischen die Phänomene der Verdunstung, der Streuung, der Reibung, der Auflösung, der Umwandlung der Energie und vor allem der komplexen Systeme betrachtet, tritt die Irreversibilität der Zeit in aller Deutlichkeit in Erscheinung.

Zu den kinematischen Uhren von Aristoteles und Newton gesellt sich nun eine statistische Uhr, die ohne weiteres die Zeit als *irreversibel* anzeigt.

*Die Zeit bei Einstein:* Die Relativitätstheorie stößt wieder alles um. Es gibt eine Umwandlung des Raums in Zeit, denn Zeit und Raum sind *gleichwertig*. Man kann nur noch von einem Raum-Zeit-Kontinuum sprechen. Für die Anhänger der Relativitätstheorie »verrinnt« die Zeit nicht. Die Materie wird gleichzeitig in ihrer »zeitlichen Dichte und räumlichen Ausdehnung« entfaltet. Das läuft auf die Aussage hinaus, daß die Zeit, mit gleichem Recht wie der Raum, eine *tatsächliche* Spanne ist. Man darf nicht mehr auf eine »universale Zeit« oder einen »absoluten Raum« Bezug nehmen, denn die Charakteristika von Raum-Zeit hängen von der Geschwindigkeit ab, mit der sich ein Körper fortbewegt. Bei Geschwindigkeiten, die der des Lichtes nahekommen, komprimiert sich Raum-Zeit um den betreffenden Körper. Die Zeit der Relativität jedoch bleibt, wie die der klassischen Physik, reversibel.

*Die Zeit bei Bergson und Teilhard:* Bergson und Teilhard geben der Richtung der Evolution gegenüber der der Entropie den Vorzug. Für Bergson zeigen »uns alle unsere Analysen, daß es im Lebendigen ein Mühen gibt, den Abhang wieder hinaufzuklimmen, den die Materie abwärtsgeht«. Teilhard bemißt die Dauer der Evolution nach der Abfolge

---

\* Die Illusion Newtons von einer Zeit der Dinge, einer absoluten Zeit, wurde von Samuel Clarke 1715 in seinem berühmten Briefwechsel mit Leibnitz scharf verteidigt; dieser hielt die Zeit für »Ordnung der Ereignisse«. Später bei Kant hat die Zeit wieder subjektiven Charakter und wurde »a priori'sche Form der Sinnlichkeit« (Transzendente Ethik, 1781).



der Umwandlungen, die Materie, Leben und Gesellschaft zu komplexeren Stadien führen. »Wir sind schon imstande zu beobachten, daß das Leben im ganzen genommen sich als ein Strom manifestiert, der der Entropie entgegensteht . . . Leben ist im Gegensatz zum nivellierenden Spiel der Entropie der methodische, unaufhörlich ausgeweitete Aufbau eines immer unwahrscheinlicheren Gebäudes.« Für Teilhard nimmt Raum-Zeit die Form eines Kegels an, die Kegelspitze ist das Ziel der Kosmogonie, Gott, »der Punkt Omega« . . .

Bei diesen beiden Autoren wird demnach klar unterschieden zwischen den beiden großen Strömungen der Evolution und der Entropie, die eine »steigt« auf zum Leben und zum Geist, die andere »sinkt« hinab zur Materie und zum Ungeordneten. Die Entwicklung des Lebens muß anscheinend mit einer thermo-dynamischen »Uhr« gemessen werden, deren Zeiger in entgegengesetzter Richtung zu der von Carnot und Clausius gehen, denn statt der Entropie scheint die Komplexität zu wachsen.

Doch Bergson bringt noch eine andere, grundsätzliche Dissymmetrie ins Spiel, die zwischen der Zeit der Invention (der Dauer des Schöpfungsaktes) und die der Reproduktion – auch der augenblicklichen.

Die Dauer des Universums ist nur eins mit der »Weite der Schöpfung, die hier Platz finden kann«. Während jeder deterministische Prozeß vorhersehbar, reversibel und reproduzierbar ist, macht die Freiheit des Schöpfungsaktes diesen unvorhersehbar, irreversibel und nicht reproduzierbar. Im schöpferischen Übergang vom Virtuellen zum Wirklichen (von der Potenz zum Akt, wie Aristoteles besonders erhellend sagt) gibt es eine unbegrenzte Zahl von Möglichkeiten. Die Realisierung einer einzigen von ihnen schließt sofort alle anderen aus. Das gibt dem Kunstwerk seine Einmaligkeit und seinen Wert. Der Augenblick der Schöpfung ist ein »historischer« Augenblick, der der Kopie nur noch alltäglich. Deshalb ist die Zukunft nicht neben der Gegenwart gegeben: *Die Schöpfung verlangt Dauer.*

## Die Zeit in den modernen Theorien

In einem sehr anregenden, 1963 veröffentlichten Buch mit dem Titel »Le Second Principe de la science du temps« stellt der französische Physiker O. Costa de Beauregard einige Grundelemente dar, die es ermöglichen, die reversible Zeit der Relativitätstheorie mit der irreversiblen Zeit des Bewußtseins in Einklang zu bringen. Er liefert darin eine sehr bedenkenswerte Hypothese über die Art und Weise, wie das Bewußtsein und das Universum »ineinandergreifen« im dialektischen Prozeß von Beobachtung und Handeln. Er integriert so die Gegebenheiten der Thermodynamik, der Informationstheorie und der Physik der Relativitätstheorie.

Costa geht aus von den Arbeiten Szilards und Brillouins; danach sind negative Entropie (Negentropie) und Information gleichwertig, das heißt, das Prinzip Carnots, an dessen wichtigste Schlußfolgerungen ich erinnere, wird verallgemeinert. Information ist Ordnung, Organisation, das Nicht-Wahrscheinliche und damit der Gegensatz zur Entropie, die Unordnung, Auflösung, das Wahrscheinliche ist. Die Entropie ist das Maß des Informationsmangels über ein System. Information ist also das Äquivalent zu negativer Entropie. Jede Erfahrung, jede Maßnahme, jeder Informationserwerb eines Gehirns verbraucht negative Entropie. Man muß also dem Universum eine Gebühr bezahlen: die irreversible Entropie.

Das Gehirn kann indessen auch negative Entropie schaffen und damit Organisation, Ordnung und Menge der Information über das System, in dem es sich befindet, anwachsen lassen; das Ganze aber bleibt dem Gesetz des universalen Abbaus unterworfen. Das verallgemeinerte Prinzip Carnots beantwortete jedoch nicht zufriedenstellend die folgenden drei Fragen: Warum erforscht das Bewußtsein, das sich informiert, das Universum nur in die Richtung, die die Entropie wachsen läßt, das heißt die Richtung, die wir »Zeit« genannt haben? Was ist der tatsächliche Unterschied zwischen Negentropie und Information? Und warum sind wir uns einer derartigen Dissymmetrie zwischen Beobachten und Handeln bewußt (wobei ersteres weniger »kostet« als das zweite), oder warum ist es leichter, zu zerstören und zu kopieren als aufzubauen und neu zu schaffen?

### *Straße ohne Wiederkehr*

Für Costa ist die Richtung, in der jedes sich informierende Gehirn das Universum erforscht, eine Frage der Anpassung. Von dem Augenblick an, da Tier oder Mensch die Augen öffnen für die Welt, die sie umgibt, sind die von außen kommenden Informationen an eine *eindringende* Strömung gebunden. Sie kommen in Form von Wellen, die von einer Strahlungsquelle ausgehen: »Sichtbares«, »Warmes«, »Klingendes«. Die Lebewesen hätten sich demnach allmählich an die Richtung der von diesen Quellen ausgesandten Wellen angepaßt. Und diese Anpassung wurde zur harten Bedingung des Überlebens, denn die Lebewesen können nur in dem Maß auf ihre Umwelt einwirken, wie sie die Informationen aus dieser Umwelt auffangen.

Der Mensch aber kann die Phänomene nur in dem Sinn beobachten, daß er sie auflöst, da ja jeder Erwerb von Information mit einem Anwachsen der Entropie bezahlt wird. Jeder Beobachter verfolgt so den Lauf der Zeit zurück, indem er die Phänomene, die er beobachtet, »begleitet«. Die Lebenszeit erhält also ihre Richtung vom Todeszeitpunkt: Ohne diese unausweichliche Bedingung könnten wir die Phänomene nicht beobachten, und ohne Information wäre alles Schöpferische unmöglich.

Nun kann man versuchen, auf die erste Frage zu antworten. Nicht die Materie macht Fortschritte, indem sie in einem festen, sehr statischen

Rahmen Raum-Zeit »entwickelt«. Wenn etwas im Raum-Zeit-Kontinuum Fortschritte macht, so *ist es das Bewußtsein, das sich informiert*. Das Universum wird in seiner ganzen zeitlichen Dimension entfaltet. Die Zeit ist etwas Gegebenes, sie verrinnt nicht. Aber als Folge der Anpassung des Bewußtseins an die Gegebenheiten dieses Universums kann das Bewußtsein dieses zum Erwerb von Information nur in der Richtung der wachsenden Entropie (der Richtung der »Zeit«) erforschen. Das beobachtende Bewußtsein »verzahnt« sich im Universum wie eine Zahnradbahn in einer Zahnstange ohne Möglichkeit der Rückkehr.

#### *Wiedereinführung des Subjekts in das Universum der Objekte*

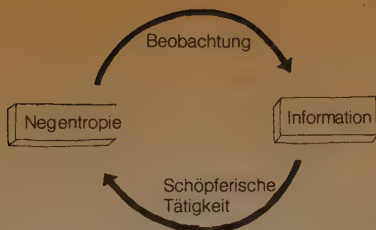
Nun zur zweiten Frage, dem Unterschied zwischen Information und Negentropie. Costa de Beauregard kann nicht umhin, das Subjekt in das Universum der Objekte wiedereinzuführen; jedes sich informierende oder schöpferische Gehirn hat einen Einfluß auf das Wachstum der Entropie des Universums. Muß man die Brücke, die hier zwischen subjektiver und objektiver Welt geschlagen wird, wirklich benützen? Tut man es, so erscheint die Negentropie wie ein objektiver Konterpart der Information.

Wir haben gesehen, daß jede Information Gegenstand einer quantitativen Messung sein kann (in Bit zum Beispiel) und daß man, um diese Messung durchführen zu können, von der Bedeutung der Information abstrahieren mußte. Was die Negentropie angeht, so ist sie vollkommen *neutral und objektiv*. Sie zirkuliert in einem Telefonkabel oder einem Computer. Doch darf man nicht vergessen, daß sie in den Träger eingeht und ihn verläßt in Form sinnvoller Informationen. Für das Bewußtsein hat jede Information einen Sinn, eine Bedeutung, einen unterschiedlichen *subjektiven Wert*. Das Gehirn unterscheidet ohne große Schwierigkeit eine Information von höherem Wert von einer uninteressanten, und das selbst dann, wenn sich die Informationsquantität mit der gleichen Anzahl von Bit messen läßt. Sollten Information und Negentropie zwei verschiedene Aspekte – subjektiv und objektiv – der gleichen potentiellen Energie sein?

Costa de Beauregard geht nicht soweit, diese Frage definitiv zu beantworten. Immerhin impliziert der Übergang von einer Form in eine andere, durch Beobachten oder Handeln, zwei dissymmetrische Prozesse, die den Übergang vom Subjektiven zum Objektiven sehr nahelegen.

#### *Warum ist es schwieriger zu erschaffen als zu kopieren?*

Für den klassischen Determinismus erscheint die freie Tat »unmöglich« im wissenschaftlichen Bereich (Theorie des Bewußtseins als Epiphänomen), während Beobachtung sich von selbst versteht. Das heißt, daß es zwei Grundaktivitäten des Bewußtseins gibt. Die eine entspricht der Umwandlung der Negentropie in Information. Das ist der Beobachtungsprozeß, in dem Information »Erwerb von Kenntnissen« bedeutet.



Die andere entspricht der umgekehrten Umwandlung von Information in Negentropie. Das ist der Prozeß des Handelns und Erschaffens, in dem Information »Organisationsvermögen« (Formgeben) bedeutet. Auf der einen Seite informiert sich das Gehirn, auf der anderen gibt es Form. Der erste Prozeß ist der der *Aktualisation des Erworbenen*, der Verbreitung, der Reproduktion und der Herstellung von Kopien. Er kostet nicht viel Negentropie (präexistenter, potentieller Energie). Wahrscheinlich deshalb schien Messen und Beobachten von jeher selbstverständlich zu sein.

Dagegen kostet der umgekehrte Prozeß des schöpferischen Handelns sehr viel an Information. Aus diesem Grund erscheint die *Schaffung eines Originals* (im Unterschied zur Herstellung einer Kopie) so schwer. Das besagen auch Redensarten wie »Beobachten ist leichter als selber machen« oder »Worte sind billiger als Taten«.

Aber auch der *zeitliche Unterschied* zwischen diesen beiden Arten der Bewußtseinsaktivität ist sehr wichtig. Die Aktualisationszeit ist sozusagen ein Augenblick, wie Bergson es andeutete. Sie hängt allein von der Effektivität der Mittel zur Vervielfältigung und Verbreitung der absteigenden Information ab. Dagegen wird die Zeit der freien, schöpferischen Aktion bestimmt von der Dauer des Schaffens. Die Aktualisationszeit ist die Zeit, die »ausstellt«, die Zeit der Ontogenese und unseres physischen Lebens. Ihr entgegengesetzt ist die Zeit, die »hinzufügt«, die Zeit der Phylogenese, der Evolution und der schöpferischen Dauer.

### Wie kommen wir aus unserem »Chronozentrismus« heraus?

Die modernen Theorien legen es also nahe, daß die herkömmliche Vorstellung vom Verrinnen der Zeit, gemessen durch die Abfolge der Jahre (und aus der Vergangenheit in die Zukunft gerichtet), als Ergebnis einer Anpassung des Bewußtseins an die Bedingungen des Universums anzusehen ist.

Die Zeit, in der eine Beobachtung vor sich geht, ist in Richtung der wachsenden Entropie orientiert, also in Übereinstimmung mit dem Pfeil der konventionellen Zeit. Aber die Zeit schöpferischen Handelns? Sie



scheint einer qualitativ anderen Zeit anzugehören, vom Bewußtsein scheinbar »umgedreht« und in eine der Entropie entgegengesetzten Richtung weisend, die der wachsenden Komplexität. Wie soll man diese Richtung von der der konventionellen physikalischen Zeit unterscheiden? Die »chronozentrische« Haltung ist intolerant. Sie lehnt es ab, Komplementarität zwischen zwei Zeit-»Qualitäten« in Betracht zu ziehen, genau wie jene Physiker, die nur die Entwicklungen beachteten, die auf eine wachsende Entropie hingen, und sich weigerten, die Möglichkeit einer biologischen Evolution mit einzubeziehen.

Der »Chronozentrismus« bedient sich einer Logik des Ausschließens. Er akzeptiert *nur* kausale Erklärungen – und stützt sich dabei auf das Prinzip des zureichenden Grundes und das Postulat der Objektivität. Oder aber umgekehrt, er akzeptiert *nur* finale Erklärungen, die vom Glaubensakt und subjektiver Haltung abhängig sind.

Ein wichtiger Unterschied zwischen diesen beiden extremen Verhaltensweisen liegt darin, daß die kausale Erklärung in unserer Erziehung und Kultur einseitig bevorzugt wird, denn sie begünstigt Experimente, Demonstrationen und wissenschaftliche Beweise. Die Erklärung aus der Finalität dagegen erlaubt weder unbezweifelbare Demonstrationen noch wissenschaftliche Beweise.

Man kann sich auf einem so schwierigen Terrain nur mit gewissen Vorsichtsmaßnahmen bewegen, indem man in Etappen vorgeht; also zeigt man zuerst, warum unsere Logik durch die zirkuläre Kausalität irregeleitet ist, dann weist man auf die Blockierungen hin, die sich aus der Anwendung der Kausalität oder der Finalität als einziger Methode zur Erklärung der Phänomene ergeben, und schlägt schließlich einen neuen Weg vor, der möglicherweise diese Konflikte überwinden hilft.

## Das Gefängnis der Zeit

### Die Verbindung von Chronologie und Kausalität

Die kybernetische Rückkopplungsschleife hat sehr interessante Eigenheiten, die mit der Zeit zusammenhängen und von denen noch nicht die Rede war. Als die ersten Kybernetik-Wissenschaftler sie entdeckten, mußten sie die Finalität, die »Intention«, in die Welt der Maschinen einführen. Wir werden sehen, warum.

In einer Schleife Information-Entscheidung-Aktion dienen die Informationen über die Resultate vergangener Aktionen als Grundlage für Entscheidungen, die diese Aktion zu korrigieren ermöglichen. Da die Entscheidungen im Hinblick auf ein Ziel gefällt werden, ist die Handlung, die aus ihnen resultiert, auf ein Ziel gerichtet, final bestimmt: Eine solche Schleife illustriert den Ablauf einer vom Verstand gelenkten Handlung.

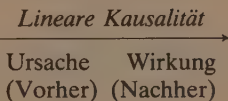




Wenn man sich die Grundgegebenheiten irgendeiner Rückkopplungsschleife genau ansieht, muß man sich die Frage stellen: »Kommt hier die Ursache vor der Wirkung, oder ist es umgekehrt?« Unmöglich, das zu sagen. Ursache und Wirkung scheinen ineinander zu verschwimmen, man kann sie zeitlich nicht voneinander trennen. Die Kausalität kreist in der ganzen Schleife, von der Finalität könnte man dasselbe sagen.



Man ist also gezwungen, von zirkulärer Kausalität als Gegensatz zu einer *linearen* Kausalität zu sprechen, dargestellt durch einen über der Zeitachse liegenden Vektor, wo die Ursache mit dem Vorher, die Wirkung mit dem Nachher zusammenfällt.



Die Rückkopplungsschleife gleicht also einer Schlange, die sich in den Schwanz beißt. Doch darf eine solche Schleife von zirkulärer Kausalität nicht mit einem Kreis verwechselt werden.

Ein Kreis bleibt immer einem Zeitablauf in einer Richtung unterworfen. Hier wird dieselbe Abfolge von Ereignissen unendlich wiederholt. In einem Kreis gibt es kein *Werden*. Ein zyklischer Ablauf kann mit jedweden Uhrwerk gemessen werden, während in einer Schleife zirkulärer Kausalität *sich die Zeitrichtung in sich zu schließen scheint*. Man kann eigentlich nicht mehr sagen, die Zeit »verrinne«. Sie wird von etwas

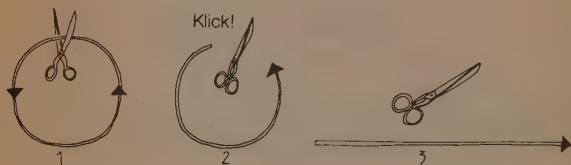
anderem im Gleichgewicht gehalten, irgendwie gibt es eine Erhaltung der Zeit.

Sowie man die Chronologie der Ereignisse in Zweifel zieht, verliert unsere Logik an Boden. Warum? Ganz einfach deshalb, weil nur die Chronologie die Erklärung durch Ursachen ermöglicht.

### Wie wird man einen *Circulus vitiosus* los?

Jedesmal, wenn man sich mit dem Problem der *Ursprünge* eines komplexen Systems beschäftigt, fühlt man sich in einen *Circulus vitiosus* eingeschlossen, genau wie bei dem berühmten Problem mit der Henne und dem Ei. Oder dem der Herkunft des Menschen: Jeder Mann oder jede Frau stammt von einem Paar ab, das selbst jeweils wieder von einem Mann und einer Frau in die Welt gesetzt wurde. Um aus diesem Kreis auszubrechen, mußte man sich am Anfang der Menschheit ein »erstes Paar« vorstellen, das durch Gottes Willen geschaffen worden war. Ebenso steht es mit dem Ursprung des Lebens: Das Leben beruht auf einer ganz geringen Zahl organischer Grundbestandteile, von denen man glaubte, sie würden ausschließlich vom Leben produziert. Wie konnte es also beginnen, wenn diese Stoffe fehlten? Antwort: Die erste Zelle wurde von Gott erschaffen, oder, was auf dasselbe hinausläuft, sie tauchte spontan auf, schön zusammengefügt durch reinen Zufall.

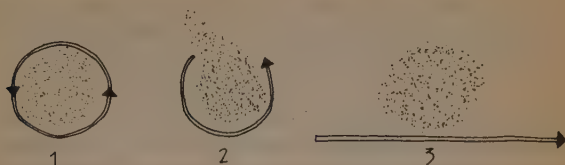
Was tut die Vernunft, wenn sie versucht, das aufreizende logische Problem, das ein *Circulus vitiosus* darstellt, loszuwerden? *Sie durchbricht ihn*, zerschneidet ihn an irgendeinem Punkt. Das ermöglicht es, ihn zu »strecken« und der konventionellen Richtung der Zeit anzupassen. Damit findet man gleichzeitig die vertraute Vorher-Nachher-Beziehung von Ursache und Wirkung wieder.



Aber dieses künstliche Zerschneiden der Wirklichkeit hat sehr bedeutsame Folgen:

1. Die Kausalität erscheint als einzige Erklärungsmethode. Gezwungenermaßen geht man von Ursache zu Ursache weiter zurück zu einer selbstverständlich in der *Vergangenheit* liegenden »ersten Ursache«.

2. Die Zeit »verrinnt« wieder, denn die Erklärung durch die Ursachen gehört zum Beobachtungsprozeß, der notwendigerweise in Richtung der wachsenden Entropie zielt.
3. Man muß sich der Sache durch Reduktion nähern.
4. Schon beim geringsten Einschnitt zum Öffnen der Schleife entwischt unwiederbringlich ein Aspekt des Ganzen. Die Komplementarität wird ersetzt durch eine auf einen einzigen Aspekt der Realität begrenzte Gewißheit.



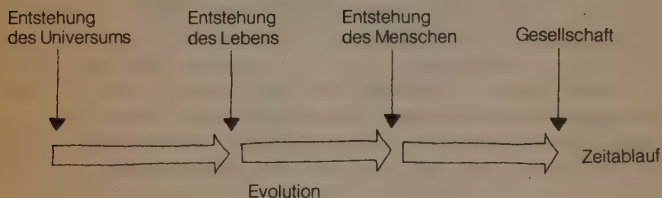
Genau dies geschieht bei jedem analytischen Vorgehen. Da wir unfähig sind, alle Interdependenzen der funktionalen Mechanismen der Zelle oder des Gehirns in den Blick zu bekommen, isolieren wir ein paar uns grundlegend erscheinende Schleifen und brechen sie auf, um die Beziehung Ursache-Wirkung wiederzufinden. Auf diese Weise kann man bestimmte Aspekte der Zell- oder Gehirntätigkeit perfekt durch Molekularreaktionen erklären, und das wird im übrigen immer besser gelingen. Aber es ist wohlbekannt, daß etwas der direkten Beobachtung entwischt. Das Leben? Das Bewußtsein? »Die Seele«? Fern von mir sei jeder Vitalismus, der im innersten der Materie das Vorhandensein eines »Prinzips« voraussetzt, das aller wissenschaftlichen Erkenntnis unerreichbar bleibt! Ich sage nur, daß das Prinzip des zureichenden Grundes und der kausalen Erklärung nur *einen* Aspekt der Realität erhellt, und zwar aufgrund der starken Beschränkungen, die mit unserer Wahrnehmung der Zeit zusammenhängen.

Warum gibt es solche Beschränkungen, wenn wir uns mit den Phänomenen des Universums befassen? Wahrscheinlich wegen der stillschweigenden Konvention, die sich aus der psychologisch angepaßten Reihung Vorher-Nachher ergibt. Diese Konvention läßt uns eine Abfolge nur dann logisch erscheinen, wenn sie *chronologisch* ist, das heißt in dem Maß, wie die Zeitrichtung auf die wachsende Entropie weist. Damit haben wir, ohne uns dessen wirklich bewußt zu sein, *Chronologie und Kausalität* miteinander verknüpft. Daraus ergibt sich, daß »die Konvention, die die Richtung der Zeit durch die wachsende Entropie definiert, untrennbar mit der Akzeptierung der Kausalität als Erklärungsmethode verbunden ist« (Grunbaum). Das Prinzip des zureichenden Grundes oder die kausale Erklärung hängen demnach von unserem anpassungsfähigen Zeitsinn ab. Man begreift, warum die Physik (und mit ihr alle Naturwissenschaft)

»Erklärungen kausaler Art (wo die Unwahrscheinlichkeit von Anfang an »gegeben« ist) akzeptiert und Erklärungen finaler Art (wo die Unwahrscheinlichkeit am Ende eintritt) ablehnt«.

## Determinismus und Finalismus

Der Mensch zerbricht einen Circulus vitiosus nach dem anderen und läßt sein Denken nicht mehr gefangenhalten. Zerbrochen ist der Kreis, der das Rätsel des Menschenursprungs in sich schloß: Die biologische Evolutionstheorie zeigt, daß er von einfacheren, ihm vorangegangenen Organismen abstammt. Zerbrochen ist der Kreis mit dem Ursprung des Lebens: Die erste Zelle ist das Ergebnis präbiologischer Evolution. Zerbrochen der Kreis des abiotischen Auftauchens organischer Stoffe: Sie haben sich im Verlauf der geochemischen Evolution des Planeten Erde gebildet.



Hier ist eine der in diesem Kapitel vertretenen Hauptthesen: Die herkömmlicherweise diesem Vektor der verallgemeinerten Evolution zugeschriebene Richtung führt zu Stellungnahmen und Standpunkten, die nicht reduzierbar sind.

Der Kampf zwischen Materialisten und Spiritualisten läßt sich auf Denkweisen und Ausdrucksweisen zurückführen, die mit der Annahme des Verrinnens der Zeit im konventionellen Sinn zusammenhängen. Für die Materialisten war die Materie da vor dem Geist, für die Spiritualisten dagegen ist der Geist der Materie präexistent. Es bildet sich eine Art Hierarchie der Präexistenz mit unmittelbarer Höherbewertung dessen, was *vorher* da war. Diese Polarisierung findet sich auch in Ausdrücken wie Anfangs-»Impuls« und finale »Anziehungskraft«. Damit wird die Materie entweder durch Ursachen angestoßen oder von Endzwecken bestimmt. Wie aber könnte die Zukunft sich in der Gegenwart manifestieren und sie bestimmen? Ganz klar ist dagegen, daß die Vergangenheit die Zukunft determiniert.

Die gleiche Blockierung gibt es zwischen Darwinisten und Lamarkisten

oder, allgemeiner gesprochen, zwischen Deterministen und Finalisten. Der Kampf zwischen beiden Lagern tobt heftig, und oft gibt es keinerlei Verständigungsmöglichkeit. Für die ersteren bedeutet das Anerkennen eines Umwelteinflusses auf das genetische Erbgut, eine »Vererbung erworbener Eigenschaften«, daß sich durch den geöffneten Spalt das Gespenst einer von irgendeinem übernatürlichen Wesen geplanten Natur einschleicht.

Für die anderen dagegen läuft der Gedanke, daß Molekularreaktionen, die zufällig so ablaufen, die das Erbgut, die Vollkommenheit eines Auges bedingen oder das Denken und Verhalten bestimmen, darauf hinaus, das »Edelste« im Lebendigen auf die Materie, also etwas Inferiores zu reduzieren.

### **Monod oder Teilhard?**

Diese beiden ins Extreme karikierten Verhaltensweisen werden von vielen Naturwissenschaftlern und Philosophen in der ganzen Welt geteilt. Sie tragen eine Diskussion aus, die zu personalisieren nützlich ist, denn hier stellt sich ganz klar das Problem dar, das uns interessiert. Als Beispiel kann man zwei französische Autoren nehmen, deren grundlegende Werke eine Kontroverse entfacht haben, die sich noch nicht beruhigt hat. Es handelt sich um Pierre Teilhard de Chardin und Jacques Monod. Ich fasse ihre beiderseitigen Standpunkte zum Phänomen der Evolution hier kurz zusammen.

Nach Teilhard kann man Geist und Materie nicht trennen. Im Universum gibt es nur eine »Geist-Materie«, analog zur Raum-Zeit der Anhänger der Relativitätstheorie. Die ganze Evolution, die Teilhard Kosmogense nennt, ist die Geschichte der Variierung der Materie von den Elementarteilchen bis zur menschlichen Gesellschaft. Auf jeder Stufe der Variation manifestiert sich das »Innere der Dinge« in Merkmalen, die wir Leben, dann reflektiertes Bewußtsein nennen. Auf jeder Etappe befreit sich der Geist von der Materie. Bis an seine logischen Grenzen durchdacht, führt das »Gesetz der Komplexität des Bewußten« (»je komplizierter ein Organismus ist, desto bewußter ist er auch«) zur Integrierung aller »Bewußtseine« in einen einzigen Gott, den Konvergenzpunkt aller Evolution.

Für Monod gibt es keine Gesamtevolution des Universums, sondern *Evolutionen*, die man auf der Ebene der lebendigen Organismen oder der sozialer Systeme studieren kann. Bei den lebendigen Organismen ist die Evolution das Resultat zufälliger Mutationen, die Veränderungen des genetischen Erbgutes hervorrufen. Diese Veränderungen werden von Generation zu Generation weitergegeben, das ist kennzeichnend für »reproduktive Unveränderlichkeit«. Die Umwelt wirkt als Filter, indem sie



nur die bestangepaßten Arten überleben läßt. Leben und Denken sind Merkmale, die einfach auftauchen und sich durch das Spiel molekularer Interaktionen erklären lassen. Die Illusion eines »Plans« der Natur rührt von den teleonomischen\* Merkmalen der komplexen Systeme her, besonders der Enzyme, deren Verhalten auf ein Ziel hinzuweisen scheint. Die biologische Evolution übersetzt das Spiel von Unveränderlichkeit und Teleonomie. In meinen Augen haben beide Recht, Monod und Teilhard, ein Recht, das Postulat der Objektivität zu verteidigen (Monod) und ein Recht, einen Sinn der Evolution zu suchen (Teilhard). Doch beide haben vermutlich Unrecht, wenn sie Methode und Sprache des anderen »Lagers« benützen. Das ist ein wichtiger Punkt, der Aufklärung verdient. Dafür muß man die kausale Erklärung, auf die Monod sich unausgesprochen bezieht, und die finale, die Grundlage von Teilhards System ist, analysieren und dann die beiden Denkmodelle vergleichen, um Wege zu finden, die es ermöglichen, über diese Alternative hinauszugelangen.

### **Die kausale Erklärung: Die Divergenz**

Unsere Naturwissenschaft und unsere Philosophie sind auf Beobachtung gegründet. Sie beruhen auf Begründung (Prinzip des zureichenden Grundes), Objektivität (Postulat der Objektivität), Beweisführung, wissenschaftlichem Beleg und Reproduzierbarkeit der Resultate. Wir können nur dann rational sicher sein, wenn wir die Gültigkeit unserer Theorien durch die Kausalität erklärt, sie verifiziert und demonstriert haben. So lautet die Regel jeder exakten Wissenschaft.

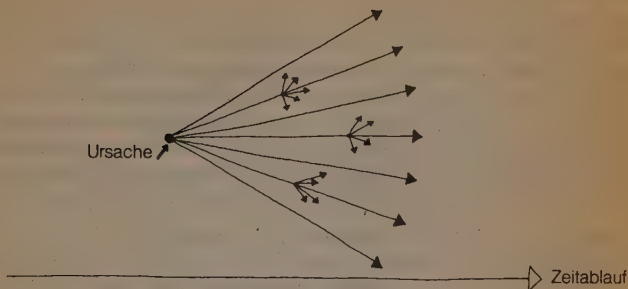
Aber – wie es die Arbeiten von Grunbaum, Reichenbach und Costa de Beauregard nahelegen – das Prinzip des zureichenden Grundes entspringt wie das der Kausalität unmittelbar unserem angepaßten Zeitsinn. Die Phänomene sind für die Wissenschaft nur bedeutungsvoll (und zu beobachten), wenn sie sich in der Richtung bewegen, in der das Leben derer, die sie beobachten, »abläuft«. Damit sind wir darauf beschränkt, nur über das, was sich auflöst, absolut sicher zu sein und nur das, was sich zerstört, vollkommen beweisen zu können. Wir wissen sehr viel besser, wie die Dinge ihre Ordnung verlieren, als wie sie sie komplizieren.

Aus diesem Grund wendet sich die Naturwissenschaft spontan der Vergangenheit, den Ursprüngen zu, um »Gewißheit« zu suchen. Jede Ursache kann mit einer allgemeineren und vorhergehenden verbunden werden. Vom Gipfel des Baumes ausgehend, steigen wir abwärts zu den großen Ästen, die vom Stamm wegstreben. Von den Milliarden Menschen auf der Erde kommt man zum »ersten Paar«, vom Gewimmel der Formen des Lebens zur »ersten Zelle«, von all der Materie im Universum zum

---

\* Von *tele-*fern und *nomos*-Gesetz.

»Ur-Atom«. Verfolgt man die Kausalkette bis zum Ende, kommt man notgedrungen zu kosmologischen Erklärungen der Art, wo alle Negentropie, alle Unwahrscheinlichkeit am Anfang *gegeben* ist. Ausgehend von einer »Energiekugel«, beginnt das Universum sich auszudehnen, wächst die Entropie und »verrinnt« die Zeit.



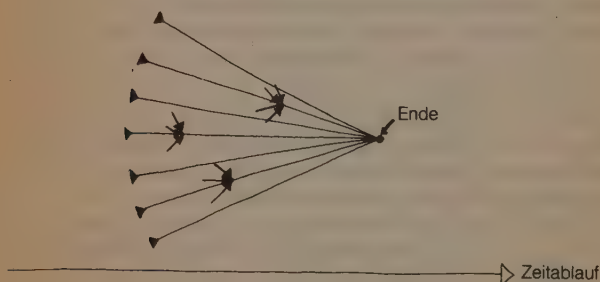
In umgekehrter Richtung, von einem Punkt der Vergangenheit aus nachgezeichnet, kann jede Evolution, die auf kausale Erklärungen gegründet ist, nur divergierend sein. Man sieht nur baumartiges Wachstum, den Baum der Evolution oder Stammbäume aller Art. In dieser Optik war es legitim – und die mechanistische Naturwissenschaft hat es getan –, *alle* Merkmale der Materie, des Lebens und des Denkens durch Interaktion der Fundamental-Teilchen und die Auswirkungen physikalisch-chemischer Gesetze erklären zu wollen. Immer wieder konnte man hören, das »Mehr könne nicht aus dem Weniger hervorgehen«, oder anders gesagt, die Zeit könne nichts hinzufügen, was nicht schon gegeben sei. Daher kam die Theorie des Bewußtseins als Epiphänomen und die von der Unmöglichkeit der freien Tat.

Seit diesen extremen Standpunkten hat sich das naturwissenschaftliche und philosophische Denken offensichtlich sehr weiterentwickelt. Heute wird voll akzeptiert, daß sich im Verlauf der Evolution eine wachsende Komplizierung abzeichnet und neue Merkmale auftauchen. Indessen macht es immer noch große Schwierigkeiten, den »vertikalen« Übergang von einer Organisationsebene auf eine andere von größerer Kompliziertheit zu erklären, von einem Integron (Jacob) zum andern, von einem Holon (Koestler) zum andern. Das will nicht besagen, daß man das nie erreichen werde, wie Vitalisten oder Spritualisten behaupten. Doch trotz der Kunstfertigkeit, mit der Entscheidungen im modernen wissenschaftlichen Denken gefällt werden, erscheint es schwierig – aufgrund der Begrenzungen, von denen ich gesprochen habe –, diesen »vertikalen«

Übergang anders als ein Nebeneinanderstellen unbeweglicher Positionen zu interpretieren, wie den Pfeil des Zenon von Elea auf seiner Flugbahn oder wie die Brückenbogen, die über einen Fluß gebaut werden und seinem Lauf nicht folgen (Bergson).

### Die finale Erklärung: Die Konvergenz

Die Interpretation der von der positiven Wissenschaft angehäuften Fakten kann der Evolution eine Bedeutung beilegen. Vorstellungskraft, Vorsatz und dichterische Interpretation der Wirklichkeit helfen dabei, den tiefen Sinn der Evolutionstatsachen zu enthüllen. Und die Lust und der Wille zum Handeln beruhen auf dem *Sinn*, den wir den Ereignissen geben. In dieser Sehweise tendiert jede Finalität auf ein einziges Ziel, das in der Zukunft liegt und dem sie sich integriert. Jedes Ziel, jede Absicht kann mit einem höheren oder allgemeineren Ziel, einer höheren oder umfassenderen Absicht in Zusammenhang gebracht werden. Endzwecke haben nicht das Extreme an sich, das man bei blindem Determinismus beobachten kann. Doch beim menschlichen Stadium der Evolution treten sie immer deutlicher hervor: Die Menschheit kann ihr Geschick in die eigenen Hände nehmen und so den Fortgang der biologischen Evolution sichern. Alles gibt Anlaß zu dem Gedanken, daß die Evolution auf ein einziges Ziel hin konvergiert. In dieser Interpretation erkennt man den Zeitkegel von Teilhard de Chardin wieder, die Kosmogonese, an deren Ausgang der von der Materie befreite Geist »geerntet« wird, am Ende der Zeit, am Punkt Omega.



Eine solche Darstellung läuft in Wirklichkeit auf eine Umkehrung der herkömmlichen Richtung der Zeit durch das Bewußtsein hinaus. Denn der positive Sinn der Kosmogonese wird hier bestimmt durch die wach-

sende Komplizierung (das Wachsen der Negentropie). Man sieht, diese neue Konvention ist untrennbar von der Finalität als Erklärungsmethode. Doch hier gehen die Interpretationen weit auseinander. Die Finalität ist keine *Erklärung* (diese Bezeichnung muß dem rationalen Erforschen des Universums vorbehalten bleiben), sie ist eher ein Versprechen. Die finale »Erklärung« verlangt eher eine Glaubensentscheidung. Sie ist auch keine »umgekehrte« Ursache, die die Evolution zwingt, ein vorher festgelegtes Programm auszuführen oder dem »Plan« der Natur oder Gottes zu folgen. Die allgemeine Evolution erscheint in der finalistischen Sicht als eine der Streuung entgegenwirkende, selektive, konzentrierende, Ordnung erschaffende Bewegung, analog also jedem Akt des Verstandes. Im Gegensatz zur thermodynamischen Evolution, die auf Zustände zielt, die uns immer fremder sind, bewegt sich die konvergente Evolution auf das zu, was uns am meisten ähnlich ist, sie beläßt sich mit unseren Wertvorstellungen, unseren Wünschen, unseren Hoffnungen. Sie gleicht einer Erforschung und Eroberung innerer Raum-Zeit, die sich in einem Drinnen einschließt, und nicht der Erforschung und Eroberung einer äußeren Raum-Zeit, die sich in ein Draußen ergießt.

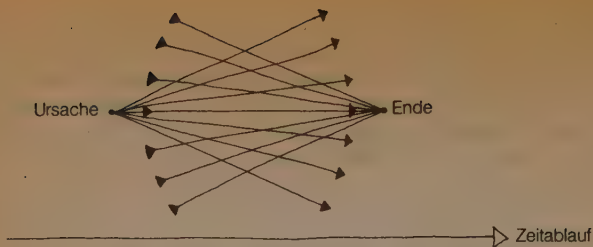
Diese Bewegung ist von Natur aus der Vernunft unsichtbar, die sich davon abwendet. Sie läßt sich nicht beweisen. Sie kann nicht wahrgenommen, abgeleitet oder interpretiert werden vom Bewußtsein, das die von Beobachtung und Erfahrung angesammelten Fakten in umgekehrter Richtung weglegt.

### **Kommt man über die Alternative hinaus?**

Sind Divergenz und Konvergenz zwei komplementäre Vorstellungen? Besteht zwischen den beiden Vorstellungen eine Zweiteilung? Oder sind sie komplementär?

Faßt man die divergierende Evolution scharf ins Auge, verliert man ihre Richtung, ihre Bedeutung, ihren Endzweck aus dem Visier. Die menschlichen Werte, das Subjektive, Gefühlsmäßige, der »Sinn des Lebens« haben in der kausalen Erklärung keinen Raum, ebensowenig das Werden, das Erschaffen, die freie Tat. Der unbestreitbare Vorteil der kausalen Erklärung liegt darin, daß sich belegen läßt, wie sie sich durch wissenschaftliche Beweise erhärtet.

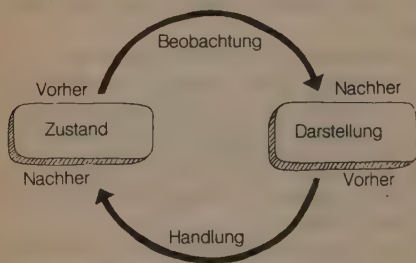
Wenn man sich dagegen ausschließlich auf die konvergierende Evolution stützt, werden alle Einzelheiten der zugrundeliegenden Phänomene verschwommen. Man kann sehr wohl von der Richtung oder Bedeutung der Evolution, von der Interpretation, die man Fakten, Ereignissen oder der Finalität jeder Handlung gibt, überzeugt sein, aber man hat keinerlei anderen Beweis anzubieten als »die Evidenz«. Und will man um jeden Preis »die Evidenz« der konvergierenden Evolution ableiten, verfehlt



man das Ziel, das man zu erreichen sucht. Jede Ableitung ist in die konventionelle, vom Prinzip des zureichenden Grundes akzeptierte Richtung gewiesen. Indem man die Methode und Sprache der Naturwissenschaft benützt, verwandelt man unweigerlich ein Phänomen, das man für konvergent hielt, in ein divergentes.

Stellt man die kausale Erklärung der finalen gegenüber, findet man das Gesetz der Komplementarität aller Phänomene wieder, die subjektiv oder objektiv mit der Zeit verbunden sind. Doch mit diesem Vorgehen projiziert man die Richtung der schöpferischen Evolution in die Richtung unserer individuellen Zukunft. Es entsteht eine anscheinende Umkehrung der Zeit durch das schöpferische Bewußtsein.

Bei der Beobachtung etwa hat die Situation immer Vorrang vor der Vorstellung (dem subjektiven Modell), während beim Handeln die Vorstellung dessen, was man tun will (das Modell, das man von seiner zukünftigen Handlung und deren möglichen Konsequenzen hat), den Vorrang hat vor der durch diese Handlung bestimmten Situation.



Wenn die Zukunft jedes Einzellebens und die Zukunft der Evolution zusammenfallen und sich überlagern, dann deshalb, weil wir uns unsere individuelle Zukunft (und die der menschlichen Gesellschaft) als etwas »zu Bauendes« und daher *vor* dem Handeln vorstellen. Man befindet sich



in der konvergierenden Zeit: Ihre Zielrichtung weist auf wachsende Komplizierung. Die Verwirrung entsteht vielleicht dadurch, daß wir dieselbe Zeitskala benützen, um die Abfolge der Etappen unseres Lebens (von der Geburt zum Tod) und der des Lebens der Menschheit zu messen. Die Zielrichtung der Zeit der Geschichte oder der Evolution müßte entgegengesetzt sein zu der der entropen Zeit.

### Die Komplementarität als dritter Weg

Zur Überwindung dieser Widersprüche gibt es vielleicht einen dritten Weg, den einer komplementaristischen Dialektik, die sich an der von der Kybernetik eingeführten Form der Schlußfolgerung ausrichtet. Wie das systemische Vorgehen, so berücksichtigt auch dieses die Gesamtheit der Phänomene. Indem es entschlossen das Subjekt wieder in die Welt der Objekte einführt, akzeptiert es ein unter seinen beiden Aspekten subjektiv und objektiv, gleichzeitig wahrgenommenes und gelebtes Universum. Im Versuch, die Dualitäten aufzulösen und über die Alternativen hinauszukommen, macht es das Prinzip von der Erhaltung der Zeit zum Ausgangspunkt.

#### *Den Zeitverlust ausgleichen?*

Die Erhaltung eines offenen Systems (lebende Zelle oder menschliche Gesellschaft) läuft auf eine *Verlangsamung* der Zunahme der Entropie in diesem System hinaus, das heißt in der hier angewandten Schweise auf eine Verlangsamung des Zeitablaufs. »Das Leben ist zwar unfähig, den Gang der materiellen Veränderungen aufzuhalten, aber es gelingt ihm, ihn zu verzögern« (Bergson). Das Erschaffen von Information, von Organisation, das Ausgleichen der Abnutzung von Maschinen, der Gebrauch von Mitteln, um die Energie zu konzentrieren und zu kanalisieren, das heißt die Zeit aufhalten, sie daran hindern, sich zu verlieren, das heißt immer wirksamer dazu beitragen, die vorbeigehende Zeit zu verlangsamen (und vielleicht in der Intensität des Augenblicks und nicht in der Verdünnung der Ewigkeit anzuhalten?), indem man durch neugeschaffene Information sie ausbalanciert wie zwei entgegengesetzte Strömungen von gleicher Geschwindigkeit.

Es gäbe also eine Erhaltung der Zeit durch die Erhaltung eines Gleichgewichts zwischen der Geschwindigkeit, mit der die Welt sich organisiert, und der Geschwindigkeit, mit der sie diese Ordnungen auflöst. Zu Beginn der Evolution stand die Zielrichtung des entropischen Verfalls an erster Stelle. Nun aber trägt das Handeln der Menschen dazu bei, ihr einen immer kräftigeren Fluß neugeschaffener Information entgegenzusetzen. Das kann man mit einer Geschichte illustrieren.

Lebewesen sind Passagiere in einem endlosen, mit großer Geschwindig-

keit fahrenden Zug, dem »Zug des zweiten Prinzips der Thermodynamik«. Isoliert in engen Abteilen, messen sie die Zeit, indem sie die Schilder zählen, die in regelmäßigen Abständen an den Fenstern vorübergleiten. Aufgestört von den Inschriften, die dort stehen (und die bei der großen Geschwindigkeit unleserlich sind), treten sie mit ihren Nachbarn in Verbindung und reißen die Trennwände nieder; dadurch schaffen sie im Zug einen langen Gang.

Nachdem sie es fertiggebracht haben, sich zusammenzutun und zu organisieren, um Maschinen zu bauen, die sie in dem Gang mit wachsender, aber in umgekehrter Richtung wirkender Geschwindigkeit bewegen können, gelingt es ihnen zuerst, das Vorbeigleiten der Schilder zu verlangsamen. In dem Augenblick, da sich die Geschwindigkeit durch Kompensation auf Null reduziert, steht ein Schild mit seiner mysteriösen Aufschrift vor ihnen still, und sie können Buchstaben für Buchstaben das »Geheimnis des Universums« lesen.

### *Eine Zeit-Reserve*

Der Mensch gleicht einem doppelgesichtigen Janus. Er ist der Ort, an dem sich zwei qualitativ verschiedene Wahrnehmungen der Zeitrichtung kreuzen. Sein Leben vergeht in dem Todeszeitpunkt, doch sein ordnendes Einwirken auf tatsächliche und begriffliche Systeme spielt sich in der Lebenszeit der Welt ab.

Durch sein Handeln läßt jeder Mensch einen Teil seiner selbst ins Universum übergehen. Er füllt ein Reservoir, in dem sich etwas ansammelt. Das Bewußtsein des einzelnen ist durch die Kommunikationsmittel »unmittelbar« und das Kollektibewußtsein untereinander verbunden und synchronisiert (und es wird vermutlich immer wirksamer sein). Das Kollektibewußtsein informiert sich, indem es Informationen über das Universum erwirbt (durch Forschung) und sie weitergibt (durch Bildung). Jede schöpferische Handlung auf allen Ebenen der Gesellschaft trägt auf ihre Weise dazu bei, die Welt zu ordnen, sie vorwärts schreiten zu lassen auf einen Zustand größerer Komplexität hin.

Doch diese wachsende Komplizierung ist weder unvermeidlich noch irreversibel. Jede Ordnung, jede Organisation, gleich welcher Art, bleibt dem Verfall, der Abnutzung, dem Altern unterworfen, ob es sich nun um Lebewesen, Maschinen, Konstruktionen oder Informationen handelt. Die Vernichtung der menschlichen Gesellschafts-Organisation könnte sogar sehr plötzlich geschehen, als Folge einer nuklearen Katastrophe.

Dennoch ist es die individuelle schöpferische Tat, die es ermöglicht, das Verrinnen der Zeit zu kompensieren, denn jedes originale Werk ist gleichbedeutend mit einer Zeitreserve, es hat *potentielle Zeit*. Neben dem Begriff der potentiellen Energie könnte man also den der potentiellen Zeit setzen. Man ahnt, was ein derartiger Begriff bedeutet: Potentielle Zeit ist *Information*.

Ich gebe zwei Beispiele, um das zu erläutern, das eine aus dem biologischen Bereich, das andere aus dem der Gesellschaft.

Die Information, die zur Reproduktion und Erhaltung der Struktur eines Lebewesens nötig ist, ist im DNS-Molekül niedergelegt. Dieses Molekül stellt die gesamte potentielle Zeit dar, die von der vergangenen Evolution des Lebens akkumuliert wurde. Diese Nachricht ist von großer Unwahrscheinlichkeit. Die Aktualisierung dieses Potentials während der Zeit, da die Kopien hergestellt werden, bildet die kurze Spanne, die der Existenz zugebilligt ist. Die Information, die am Ursprung dieses Lebens war, kann sich nur unaufhaltsam verschlechtern, ähnlich, wie wenn ein Geräusch nach und nach die Bedeutung einer Nachricht überdeckt und auslöscht, macht sich die Unordnung breit und nimmt überhand. Die Entropie steigt, Fehler werden immer häufiger. Von Reproduktion zu Reproduktion, von Synthese zu Synthese altert der Organismus und stirbt schließlich. Er hat seine »Zeitreserve« erschöpft, seine Frist ist abgelaufen. Er hat seinen wahrscheinlichsten Zustand erreicht, den Tod.

Das Umgekehrte beobachtet man, wenn man das Leben der Menschheit betrachtet. Die Erzeugung von Informationen (von potentieller Zeit) erfolgt im Leben der Menschheit in beschleunigten Raten als Folge der ständig wachsenden Effektivität der Speicherungs- und Bearbeitungsmöglichkeiten: Die Menschheit scheint sich zu verjüngen, wie Gaston Berger bemerkte.

Hier unterscheidet man also klar zwischen der Evolution eines individuellen Lebens, das der Zeit der Ontogenese (der Aktualisierung der Kopien) unterliegt und der Evolution des Lebens, das heute im kollektiven Leben der Menschheit kulminiert und das der Zeit der Phylogenese unterliegt, der Zeit der Schöpfung von Originalen.

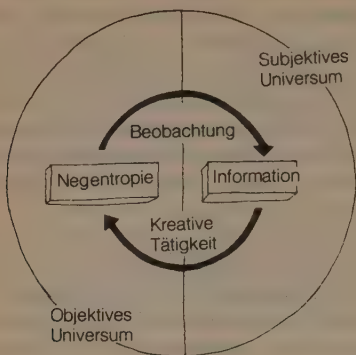
### *Die Sprache des Wissens und die Sprache des Sinns*

Das hier vorgeschlagene dialektische Vorgehen bietet Raum für zwei komplementäre Sprachen: die der Vernunft, der naturwissenschaftlichen Kenntnisse, und die der »Bedeutung«, das heißt der Kunst, der Dichtung oder der Religion. Die Sprache des Wissens (Mathematik, Physik) ist reich an Information und arm an menschlichem Gehalt. Die Sprache der Bedeutung dagegen (Politik, Religion) ist arm an Information, aber reich an menschlichem Gehalt.

Wenn man diese beiden Sprachen benützt, kann man versuchen, auf das »Wie« zu antworten, ohne je das »Warum« zu vernachlässigen, ohne die objektive Welt von der subjektiven zu trennen, denn sie bilden die beiden komplementären Gesichter der Wirklichkeit und des Wissens.

Bei einer solchen komplementaristischen Sicht sind Information und Negentropie nicht mehr auf zwei verschiedene Welten *aufgeteilt*. Sie sind das *Scharnier* zwischen dem Objektiven und dem Subjektiven. Mögen Information und Negentropie auch gleichwertig sein und füreinander stehen

können, sie besitzen doch eine entgegengesetzte »zeitliche Polarisierung«. Die Negentropie, das objektive Maß der Information, ist aus eben diesem Grund notwendigerweise (sowie man sie benützt) in Richtung der entropischen Zeit gerichtet. Die Information dagegen, die subjektive (bedeutungsgeladene) Übersetzung der Negentropie, ist notwendigerweise (sowie sie erworben wird) in Richtung der schöpferischen Zeitspanne gerichtet.



Durch Beobachtung und in der Gewißheit des Fühlbaren entdecken wir die Welt in einer Richtung, analog zu derjenigen, die die divergierenden, von einer Quelle ausgehenden Wellen verfolgen würden: die Richtung der konventionellen Zeit. So erscheint uns das Universum unter seinem energetischen, quantitativen, materiellen, objektiven Aspekt. Durch schöpferisches Handeln und den Reichtum des Erlebten entdecken wir sein anderes Gesicht, in der Richtung der Wellen, die auf einen Mittelpunkt hin konvergieren. Das ist der spirituelle und subjektive Aspekt, durch den das Universum immer *bedeutungsvoller* wird. Die beiden fundamentalen Größen, die man am Ende dieser Reflexion vorfindet wie die beiden Gesichter einer einzigen Wirklichkeit, sind Energie und Geist. Ihre Zwischenaspekte können die Materie und die Form (oder die Information) sein. Doch alles sieht so aus, als ob es im Universum nur die *informierte Energie* (die Materie), das Substrat des Wissens, gebe und den *materialisierten Geist* (die Information), die Grundlage schöpferischer Aktion.

Wenn es eine Erhaltung der Zeit gibt, muß die Freiheit ganz *im gegenwärtigen Augenblick* enthalten sein. So erscheint das Universum als ein Bewußtsein, das sich erschafft, indem es sich seiner selbst bewußt wird. Die Spur, die es hinterläßt und die wir beobachten, ist dann das Phänomen der Evolution.



# Evolution: Genesis des Unwahrscheinlichen

## Verallgemeinerung der Evolutionsmechanismen

Die globale Sicht der Evolution, die sich an ein systemorientiertes Vorgehen hält, integriert notwendigerweise Energie, Information und Zeit. Ihr Ziel ist, dahin zu kommen, daß die Genesis der Organisationen von Leben und Gesellschaft, ihre Bewahrung in der Zeit und ihre Entwicklung im gleichen Licht betrachtet werden können.

Die darwinistische Erklärung der biologischen Evolution beruht auf drei Grundbegriffen: Spontane Erbänderung, Kampf ums Dasein, natürliche Auslese.

Die *spontanen Erbänderungen* sind zufällige Mutationen, die sich in den Chromosomen als Trägern des Erbgutes abspielen. Diese Änderungen sind der Anfang neuer Formen. Es gibt also eine wachsende Vielfalt von Formen.

*Der Kampf ums Dasein* ergibt sich aus der Kombination von zwei Tatsachen: der ungeheuren Vermehrungsfähigkeit der lebenden Organismen und der Begrenzung der energetischen Hilfsquellen der Umwelt oder ihrer Gefahren. Die am besten angepaßten Organismen überleben und pflanzen sich fort, die weniger angepaßten sterben. Das Resultat ist einfach in seiner Härte: entweder *Erhaltung* oder *Verschwinden*.

*Die natürliche Auslese* ist die strengste Maßnahme der Umwelt, die wie ein Filter wirkt. Die Fortpflanzung ermöglicht die Übertragung der Anpassung an bestimmte Umweltbedingungen von Generation zu Generation. Das bedeutet Stärkung der am besten angepaßten Arten, ihre Zahl wächst. Jedes Einzelwesen, das seinerseits Mutationen unterworfen ist, kann somit den weiteren Verlauf der Evolution beeinflussen.

Will man diesen bisher klassischen Mechanismus auf die Evolution jedes komplexen Systems ausdehnen, muß man die drei eben aufgezählten Etappen folgendermaßen ersetzen: *Erzeugung von Vielfalt*, *Erhaltung* (oder *Verschwinden*) und *Ausschalten durch Konkurrenz*. Jeder Evolutionsmechanismus beruht gezwungenermaßen auf der Kombination dreier Elemente: einem zufälligen Erzeuger von Vielfalt, einem System der Stabilisierung (und damit der Selbsterhaltung) und einer auslesenden Größe.

Ich nehme diese drei Etappen (Genesis, Erhaltung und Ausschaltung) wieder auf, indem ich Beispiele aus physikalischen, biologischen und sozialen Systemen anführe.

## Genesis der Formen

Die Behandlung der klassischen thermodynamischen Prinzipien durch die Informationstheorie verändert den Gleichgewichtsbegriff radikal: Ein



Abgehen vom thermodynamischen Gleichgewicht ist *gleichbedeutend mit einer Information*. Anders ausgedrückt: Die Feststellungen »außerhalb des Gleichgewichtszustandes« und »erkennbar von der Umwelt« haben genau dieselbe Bedeutung.

Nehmen wir als Beispiele einen Eisberg und eine Sandburg.

Ein Eisberg, der im Meer treibt, unterscheidet sich von seiner Umwelt. Er stellt eine Struktur, etwas Organisiertes, eine Information dar. Wenn er schmilzt, mischt sich jeder seiner Wassertropfen mit denen des Meeres. Die Entropie ist dann maximal, das Gleichgewicht erreicht.

Eine Sandburg ist aus dem gleichen Material wie der Sandstrand. Auch sie stellt eine Abweichung vom Gleichgewicht dar. Sie hat eine leicht erkennbare Form, die sich von der homogenen Umwelt am Strand abhebt. Aber unter der Einwirkung des Windes und dem vorübergehender Passanten vermischt sie sich mit der Umwelt und verschwindet ganz, wenn jedes ihrer Sandkörner mit anderen Sandkörnern des Strandes gleichgeworden ist.

Alles Organisierte gleicht diesem Eisberg oder dieser Sandburg. Das von der Morphogenese aufgeworfene Problem ist nicht weit entfernt von dem, das mit der Umwandlung eines Stückchens Strand in eine Sandburg gegeben ist: *Wie beginnt das Abweichen vom Gleichgewicht, das Form erzeugt?*

Die Voraussetzung dieser Abweichung und ihrer Erhaltung in der Zeit ist die Wirkung von positiven und negativen Rückkopplungsschleifen. Jedes Abgehen vom Gleichgewicht beginnt mit einer einfachen Fluktuation, und diese Fluktuation kann sich, dank dem Spiel positiver Rückkopplung, ausbreiten.

Um sich aber in der Zeit zu erhalten, muß die Fluktuation von negativen Rückkopplungsschleifen stabilisiert werden. Das führt zu ständigen Schwingungen, dann zu Kreisen – ein charakteristischer Prozeß der Lebensfunktionen zur Selbsterhaltung.

### *Eine zufällige Fluktuation . . .*

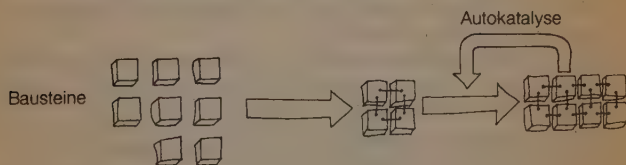
Die Tatsache, daß alles mit einer einfachen Fluktuation anfängt, beruht auf einer den Physikern wohlbekannten Eigenheit: Ein auf makroskopischer Ebene stabiles und homogenes System ist es auf mikroskopischer Ebene nicht mehr. Nehmen wir das Beispiel einer Menschenmenge. Aus der Ferne gesehen wirkt diese homogen. Ihr Gesamtverhalten ist vorhersehbar. Aber individuelle Initiativen können Fluktuationen um einen statistischen Gleichgewichtszustand herum auslösen. Diese Fluktuationen breiten sich möglicherweise aus und führen zu einem neuen, unvorhersehbaren Gesamtverhalten. Ebenso ist es bei den Molekülen, was die Beschäftigung mit ihnen im Blick auf die Genesis der lebendigen Formen, den Ursprung des Lebens, besonders interessant macht.

Auf makroskopischer Ebene bildet eine Anzahl von Molekülen ein stabi-

les und homogenes System. Doch auf der Ebene jeder Einzelzelle ist das System nicht mehr homogen. Kollisionen, Reaktionen und Kombinationen, die sich ergeben und wieder verändern, stellen Fluktuationen außerhalb des Gleichgewichts dar. *Jede zufällige Fluktuation ist eine Möglichkeit zu neuer Organisation*, eine Information sozusagen. Durch positive Rückkopplung ausgebreitet, stellt sie also einen zufälligen Erzeuger von Vielfalt dar, der jeder Evolution zugrunde liegt.

... die sich ausbreitet ...

Eine besondere Form der Fluktuation, die eine überaus wichtige Rolle in der Genesis einer organisierten Struktur spielt, ist die Autokatalyse. Autokatalyse findet statt, wenn die Produkte einer Reaktion als Katalysatoren eben bei dieser Reaktion wirken. Eine solche autokatalytische Reaktion kann zum Entstehen einer geordneten Struktur führen, die von einem homogenen Ganzen ausgeht. Das ist der Fall bei einer Kettenreaktion (als Folge zufälliger Molekular-Schocks), die ein komplizierteres Molekül hervorbringt, das *bestimmte Etappen seiner eigenen Bildung katalysieren kann*. Die Kette schließt sich und ergibt eine positive Rückkopplungsschleife. Ausgehend von einfachen, in der Umwelt vorhandenen Molekülen, die als Bausteine dienen, fügt sich das Molekül selbst zusammen, und das um so schneller, als die kaum gebildeten Produkte den Herstellungsprozeß beschleunigen.



Auf der Ebene der Moleküle stellt dieser Prozeß das Äquivalent der biologischen Fortpflanzung dar: sich schneller reproduzieren als das Original. Die Art Moleküle, die mit solchen autokatalytischen Fähigkeiten begabt ist, überschwemmt die Umwelt. So erklärt man die überragende Rolle bestimmter Moleküle, etwa der Proteine oder Nukleinsäuren, bei der Entstehung lebender Organismen.

Die zeitweilige Dissymmetrie, von der auf Seiten 187 f. die Rede war, findet sich auch auf dieser Ebene: Eine sehr lange Zeitspanne ist nötig, um das erste katalytische Molekül hervorzubringen (das Original). Doch wenn es einmal existiert, verkürzt es die Etappen, die zur Produktion von zwei, dann vier, dann acht Molekülen derselben Art führen. Die Kopien werden also in sehr kurzer Zeit hergestellt, ausgehend von in der Umwelt vorhandenen Teilen.

... und sich erhält

Fluktuationen, die sich in die Länge ziehen und ausweiten, können die Form in der Zeit periodisch wiederkehrender Schwingungen annehmen. Sie ergeben sich zum Beispiel, wenn man bestimmte chemische Stoffe zusammenbringt; der Verfall des einen katalysiert die Regeneration des anderen, und umgekehrt. Konzentrationen dieser beiden Stoffe oszillieren sehr lange, indem sie vom Minimum zum Maximum übergehen. Genau analoge Oszillationen findet man im Verhältnis zwischen Raubtier- und Beutetierpopulationen.

Wenn sich aber die Ketten der autokatalytischen Reaktionen in einem sehr verzweigten Netzwerk ausbreiten, kann es geschehen, daß einer der Zweige sich zum *Kreis* schließt. Dann wird die ganze Abfolge korrespondierender Reaktionen durch negative Rückkopplung stabilisiert und somit automatisch erhalten. Selbstauslese findet statt. Das erklärt, warum man solche Kreise am Beginn aller Lebensprozesse findet (Zellverwandlungskreise oder ökologische Kreise).

Autokatalytische Fluktuationen, Oszillationen und Kreise können also zur Entstehung *organisierter Strukturen* aus Ungeordnetem führen.\*

#### *Der »Zufall« und die »Notwendigkeit«*

Am Anfang der Entstehung jeder neuen Form findet man also einen zufälligen Erzeuger von Vielfalt und ein Stabilisierungssystem.

Der Erzeuger von Vielfalt spielt die Rolle des »Zufalls«. Die kleinste Abweichung vom Gleichgewicht kann durch positive Rückkopplung verstärkt werden. Hier einige Beispiele:

Der Reproduktions-/Mutationsprozeß bei den Lebewesen kombiniert die zufällige Erzeugung der verschiedensten Formen mit ihrer autokatalytischen Entwicklung (die Umwelt spielt die Rolle des Auslesenden).

In der sozialen Evolution stellen unvorhergesehene Ereignisse, Zwischenfälle, aus der Umwelt kommende Aggressionen die Keime der Veränderung dar. Diese Ereignisse können zu politischen Zwecken genutzt, ausgewählt oder provoziert werden.

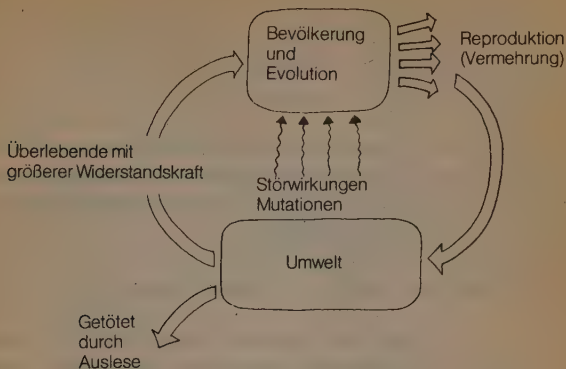
Die Ideen, die neuen Ausrichtungen, die sich aus der Forschung oder der Reflexion ergeben, sind zu Anfang zufällige Fluktuationen. Sie werden, je nach dem Spiel der Verstärkungsschleifen, die jeden Menschen mit dem sein Leben sichernden System verbinden, ausgewählt, aufbewahrt oder aufgegeben.

Das System der Stabilisierung und Auslese stellt die »Notwendigkeit« dar. Es veranlaßt das Eingreifen der Umwelt, was verbietet, ein offenes System in Evolution von seinem Ökosystem zu trennen.

---

\* Dieser Prozeß wird von Foerster »order from noise« (Ordnung aus Rauschen) genannt. Für I. Prigogine ist es Ordnung durch Fluktuation. Organisierte Strukturen, die Energie umwandeln, sind »dissipative Strukturen«.

Mit Hilfe der Verstärkungsschleife (repräsentiert durch die am meisten angepaßten Überlebenden) übt die Umwelt ihre Auslesemacht aus; nur die Überlebenden können die günstige Mutation an ihre Nachkommen weitergeben.



Wie wirkt der Auslesende? Ausgehend von einer neuen Struktur, einer neuen Art, einer neuen Idee – wie geschieht die Evolution? Und wohin führt sie – zum Wachstum, zum Gleichgewicht oder zum Abstieg?

## Ausschalten und Divergenz

Die Autokatalyse bringt unweigerlich rasches Wachstum mit sich, aber auch Konflikte mit der Umwelt. Wachsende Systeme ziehen zu ihrem Nutzen Energie an sich. Wenn die Hilfsquellen der Umwelt beschränkt sind, treten diese Systeme in Wettstreit mit anderen. Manche überleben, andere werden eliminiert.

In dieser Perspektive muß man die Verknüpfung von Autokatalyse mit Autoselektion sehen. Die natürliche Auslese kann nicht mehr mit einer willkürlichen »Wahl« verwechselt werden, die von »von außen« durch eine übernatürliche Größe ausgeübt wird oder gar von einer mit irgendwelchen Plänen ausgestatteten Umwelt. Der alte Begriff der natürlichen Auslese muß also einer allgemeineren Vorstellung Platz machen, die Zeitdauer und Beschleunigung integriert: dem *Ausschalten durch Konkurrenz*. Dieses Ausschalten beruht auf der Wachstumsgeschwindigkeit, der Beschleunigung durch Katalyse und der befreiten Potenz. Man stelle sich zwei Populationen vor, die im Wettstreit um begrenzte Hilfsquellen stehen und denselben Lebensraum bewohnen. Sie können nur dann in vollkommenem Gleichgewicht koexistieren, wenn ihre Fortpflanzungsge-



schwindigkeit gleich ist.\* Sobald die Fortpflanzungsrate der einen die der anderen übertrifft, und sei es um einen kleinen Bruchteil, hat diese Population alle Chancen, den Konkurrenten zu eliminieren. In Wirklichkeit ist die Situation natürlich viel komplizierter, denn hier greifen die Interdependenzen zwischen mehreren Populationen ein.

Müßte das Ausschalten durch Konkurrenz, ins Extrem getrieben, nicht zu einer einzigen Art führen, der bestangepaßten, die auf Kosten aller anderen ausgelesen wurde? Zum Menschen beispielsweise? In der Wirklichkeit ist eine solch exklusive Auslese unmöglich, denn sie würde das Ökosystem zerstören.

Das erinnert an das Gesetz der erforderlichen Vielfalt. Die Vorherrschaft einer einzigen Art oder eine zu große Reduzierung der Zahl vorhandener Arten würde zu einem verhängnisvollen Ungleichgewicht führen. Einer solchen Simplifizierung würde das Ökosystem nicht standhalten und noch weniger die Systeme, die sich in ihm entwickeln. Die Selbsterhaltung stützt sich also auf das Ganze, auf offene Systeme in Evolution *plus* Ökosystem.

Die Beschleunigung ist einer der charakteristischen Züge der verallgemeinerten Evolution. Der Entwicklungsablauf von den ersten Formen des Lebens bis zu den menschlichen Gesellschaften wird immer rascher. Die intellektuelle oder technisch-soziale Evolution der Menschheit ist im Verhältnis zur biologischen Evolution noch mehr beschleunigt. Jede Erfindung ist ein Äquivalent zu einer Mutation im biologischen Sinn. Der Mensch kann erfinden und sich täuschen, ohne daß er die Geburt einer neuen Generation abwarten muß, um die Ergebnisse seiner Schöpfungen beurteilen zu können. In der Biologie muß immer, soll eine sinnlose Erfindung eliminiert werden, ein Lebewesen sterben. Die Übertragung der nützlichen »biologischen Erfindungen« geschieht nur beim Übergang von einer Generation zur andern. In der intellektuellen Evolution dagegen kann das, was eben erfunden wurde, theoretisch allen zugute kommen. Die Verbreitungs- und Speicherungstechniken beschleunigen die technisch-soziale Evolution noch weiter.

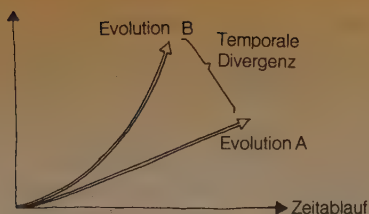
In Verbindung mit der Beschleunigung bringt das Ausschalten durch Konkurrenz schwer zu überwindende, zeitweilige Divergenzen zwischen zwei oder mehreren Arten von Evolution ins Spiel.

Deshalb erscheint mir der Begriff der zeitweiligen Divergenz grundlegend für das Verständnis der allgemeinen Mechanismen der Evolution und der »Selektion«. Er hat überdies den Vorzug, daß er es möglich macht, Evolution und Zeit eng miteinander zu verknüpfen, die man paradoxerweise zu trennen suchte. Ein so wichtiger Begriff konnte nicht verfehlen,

---

\* Das gleiche gilt für eine Molekülpopulation mit autokatalytischen Fähigkeiten oder für eine Population von präbiologischen Systemen, den rudimentären Ahnen der lebenden Organismen.





einen tiefgehenden Einfluß auf die Entwicklung der philosophischen, wirtschaftlichen und politischen Vorstellungen auszuüben, auf denen sich die modernen Gesellschaftsformen aufbauen. In dieser Hinsicht ist es besonders aufschlußreich, den Weg der Ideen zu verfolgen, der von Malthus zu Darwin und von Darwin zu Engels und Marx führte, zu den heute vertrauten Vorstellungen vom »Kampf ums Dasein« und »Klassenkampf«. Ein wirtschaftliches Gesetz hat ein biologisches Gesetz hervorgebracht, das seinerseits wieder zur Grundlage eines neuen volkswirtschaftlichen Gesetzes wurde.

Im September 1838, einige Zeit nach der Rückkehr von der Reise auf der Beagle, las Darwin das von Thomas Robert Malthus 1788 veröffentlichte Buch »Essay on the principle of population«. Er bemerkte sofort die grundlegende Bedeutung der zeitlichen Divergenz zwischen der Zuwachsrate einer Bevölkerung und der Produktionsrate von Nahrungsmitteln, der Basis der Malthusschen Theorie. »Ich war betroffen von der Tatsache, daß unter solchen Bedingungen (dem Konkurrenzkampf um das Leben) die begünstigten Spielarten die Tendenz zeigten, erhalten zu bleiben, und die nicht begünstigten, vernichtet zu werden. Das Ergebnis war die Bildung neuer Arten. Ich verfügte also über eine Theorie, mit der ich arbeiten konnte.«

Engels war von den Ideen Darwins tief beeindruckt und war sich der Allgemeingültigkeit des darin dargestellten Entwicklungsmechanismus bewußt. Am 12. Dezember 1859 schrieb er an Marx: »Übrigens, dieser Darwin, den ich eben lese, ist einfach sensationell . . . noch nie wurde ein Versuch von solcher Spannweite unternommen, um nachzuweisen, daß es eine historische Entwicklung in der Natur gibt, mindestens nicht mit solchem Glück . . .«

Marx, der in London lebte, hatte Gelegenheit, mit Darwin zusammenzukommen. Im Juni 1862 schrieb er an Engels: »Was mich an Darwin, den ich wiedergesehen habe, amüsiert, ist, daß er erklärt, er wende *auch* die Theorie von Malthus auf Pflanzen und Tiere an . . . Es ist bemerkenswert zu sehen, wie Darwin bei den Tieren und Pflanzen seine eigene englische Gesellschaft wiedererkennt, mit ihrer Arbeitsteilung, ihrer Konkurrenz, ihrer Öffnung neuer Märkte, ihren »Erfindungen« und ihrem Malthusischen »Kampf ums Dasein«.«

Auf der Ebene der Gesellschaften stellt sich das Gesetz des Ausschaltens durch Konkurrenz im wachsenden Abstand zwischen den reichen und den armen Ländern dar. Der zügellose Verbrauch an Energie in den reichen Ländern, verbunden mit dem raschen Ablauf wirtschaftlicher Prozesse, bringt sie dazu, immer stärker Abfälle in eine verarmende Umwelt zu leiten; überdies führen das Wachstum und die beschleunigte Entwicklung, die mit der Besitznahme der Regulierungsmechanismen eines Systems von geringerer Kompliziertheit (und damit seiner Kontrolle) einhergehen, unweigerlich zur Beherrschung des Schwächeren durch den Stärkeren. Nicht mehr egoistische Interessen, sondern moralische, ethische und humanitäre Werte müssen uns jetzt leiten. Sonst laufen wir Gefahr, zu einem Phänomen unerbittlichen Ausschaltens durch Konkurrenz beizutragen, der Selbstauslese der reichen und der Eliminierung der armen Länder. Und das hätte die katastrophale Folge, daß ein für die Menschheit noch wichtigerer Reichtum verlorengehe: der einer kulturellen und menschlichen Vielfalt, die für ihre Evolution unerlässlich ist.

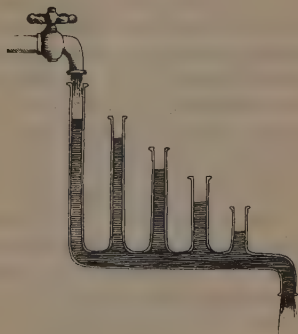
### **Gleichgewicht und Null-Wachstum**

Für die Biologen ist Wachstum nur eine Bewegung zum Gleichgewicht hin. Ist dieses Gleichgewicht einmal erreicht, ist es nicht statisch, sondern dynamisch; statisches Gleichgewicht bedeutet, wie man weiß, Tod. Das Fundament des Gleichgewichtsbegriffs in der Chemie ist das Prinzip von Le Châtelier. »Wenn man die einem anfänglich im Gleichgewicht befindlichen System auferlegten Bedingungen sich verändern läßt, so wird sich das Gleichgewicht in der Richtung verlagern, die das System zu den Anfangsbedingungen zurückführen kann«, lautet ein kybernetisches Prinzip von Norbert Wiener. Das bedeutet eine Regulation durch negative Rückkopplung. Dieses Prinzip ermöglichte die Festlegung der großen Gesetze, die die chemischen Reaktionen bestimmen. Aber es bezieht sich auf geschlossene Systeme, deren Evolutionsrichtung durch das Wachsen der Entropie gegeben ist. In einem offenen System dagegen ist die Evolutionsrichtung durch das Wachsen der Information gegeben oder, was auf dasselbe hinausläuft, auf das Abnehmen der Entropie.\* Der bestehende Zustand, der sich erhält, kann mit einem kontrollierten Ungleichgewicht verglichen werden, einer Flucht nach vorn. Zu Unrecht spricht man von »innerem Gleichgewicht«, »Gleichgewicht der Preise«,

---

\* Wenn die Schaffung von Information genau die Zunahme von Entropie in dem System aufwiegt, erhält sich dieses im bestehenden Zustand, es entwickelt sich nicht. Steigt Entropie, löst sich das System auf und verschwindet. Die Richtung der *Evolution* (der Veränderung) eines offenen Systems ist also durch das Wachsen von Information oder Organisation gegeben.

»Gleichgewicht der Handelsbilanz« oder »sozialem Gleichgewicht«. In einem offenen System gibt es nur *kontrolliertes Ungleichgewicht*. Eines der besten Beispiele für ein »kontrolliertes Ungleichgewicht« wird wieder einmal von der Biologie geliefert. In der Zelle wird die Herstellung von Zellbrennstoff durch eine Kette von Elektronenträgern gesichert. An der Spitze der Kette stehen die Stoffe, die aus der Nahrung gezogen und daher reich an Energie sind. Diese Stoffe haben einen starken »Elektro-nendruck«, sie werden also versuchen, ihn weiterzugeben. Jeder Träger ordnet sich auf einem »Druck«-Niveau ein, das niedriger ist als das vorhandene. So »fließt« die Energie der Elektronen von einem zum anderen, wie bei einem stufenförmigen Wasserfall. Am Ende der Kette sind die Stoffe ihre Elektronen los, ihr »Druck« ist gefallen. Dann verbinden sie sich mit Sauerstoff und Wasser. Im Ganzen der Kette aber wird ein »Gleichgewicht« aufrechterhalten. Dasselbe illustriert auch die hier abgebildete Analogie aus der Hydraulik:



In jeder (oben offenen) Röhre bleibt das Wasser auf einem bestimmten Niveau stehen (vorausgesetzt, daß die ein- und ausfließenden Wassermengen gleich sind). Diese Niveaus sind nicht gleich hoch, denn der Druck ist je nach den Röhren verschieden (nahe dem Ausfluß ist er schwächer); genauso verhält es sich mit dem Elektronen-»Druck« jedes Trägers, er ist am Ende der Kette schwächer.

Die Gesamtheit der stationären Zustände in der Zelle verleiht dem Leben eines seiner bemerkenswertesten Charakteristika: sich *in Gegenströmung* zum Fluß der Entropie zu behaupten. Es ist nicht fähig, diesen Fluß stromaufwärts zu fahren, aber widersteht ihm eine Zeitlang.

In dieser Perspektive muß man den Ausdruck »stationäre Volkswirtschaft« verstehen. Auch hier handelt es sich um die Aufrechterhaltung eines kontrollierten Ungleichgewichts, und diese Bezeichnung ist der vom

»Null-Wachstum« vorzuziehen, die viele Mißverständnisse über die Endzwecke wirtschaftlichen Wachstums verursacht. Man verwechselt das Null-Wachstum mit einem Stillstand des technischen und intellektuellen Fortschritts der Menschheit oder mit einem statischen Gleichgewicht. Nun sind aber Geburtenrate und industrielle Produktion beides »Flüsse«. Das Ziel der stationären Volkswirtschaft müßte die Erhaltung des Reichtums auf einem bestimmten gewünschten Niveau sein, indem man diese »Flüsse« bei ihrer geringsten »Schüttung« aufeinander einspielt. Sich um ihr Wachstum zu bemühen, als stellten sie *an sich* Reichtum dar, ist völlig absurd.

## Eroberung der Zeit

Über die Probleme hinaus, die die Umweltverschmutzung und das Erschöpfen der natürlichen Ressourcen aufgeben, bringt das Wirtschaftswachstum »um jeden Preis« einen weiteren Zwang mit sich: Es macht aus der Zeit ein »konsumierbares Produkt«. Die Zeit wird wie die Arbeit »in Krümel« aufgeteilt, rationiert, denn sie wird ein Gut, an dem es uns allmählich fehlt. Die Überfülle der Güter schafft einen Mangel an Zeit (J.-P. Dupuy). Es fehlt uns ständig die Zeit, um die Dinge zu genießen, die wir uns kaufen, denn jedes Ding braucht eine »Minimalspanne zum Verbrauch«; es erfordert Zeit, ein Buch zu lesen, eine Schallplatte zu hören, fernzusehen, seinen Wagen zu fahren oder den Rasenmäher zu benutzen. »Die Zeit wird im Vergleich zu den Dingen ein seltenes Gut« (Dupuy). Ihr Wert wächst mit dem Lebensstandard, und daher kommt die Suche nach Möglichkeiten, Zeit zu gewinnen auf Kosten »zeitfressender« Aktivitäten. Man beschneidet den Schlaf, die Zeit zur Hygiene, die Dauer der Mahlzeiten, die Stunden ruhigen Überlegens oder Zu-Fuß-Gehens, das Familienleben oder den Sport. Man muß die Arbeitszeit verlängern, damit man sich Maschinen kaufen kann, die Zeit sparen, oder um die Zeit anderer bezahlen zu können. Aber wovon Zeit gewinnen? Von welcher Frist? Zeit gewinnen, ohne daß diese Frist festgesetzt ist (das heißt die *zeitliche Dimension* des zu erreichenden Zieles) führt dahin, daß Energie verschwendet wird, wie wir es erlebt haben. Die einzige Möglichkeit, im Maßstab der Menschheit Zeit zu gewinnen, liegt darin, daß man neue Strukturen schafft und die Welt organisiert.

Die Mittel, die es erlauben, sich der Entropie entgegenzustellen, sind nicht in der Beschleunigung der Wirtschaftsmaschinerie zu suchen, diese Beschleunigung führt nur zu wachsendem Konsum, das heißt zu Auflösung und Entropie. Vielmehr müßte man solche Mittel suchen, mit denen man wirksam gegen die Entropie kämpft durch ein *Wachstum der schöpferischen Kapazität in unserer Gesellschaft*.

Wir müssen wieder lernen, »Zeit zu verlieren«, damit wir kollektiv besser



lernen, sie zu sparen. In unserer Zivilisation der Hast und Verschwendung kann das Betrachten einer Landschaft, das Gespräch mit einem Kind, das Ausüben eines Sports oder ganz einfach Nachdenken als vertane Zeit erscheinen; aber wieviel anregende Ideen, schöpferische Gedanken und neue Hypothesen sind in solchen Augenblicken entstanden? Der Konflikt zwischen der zügellosen Raserei der Gesellschaft und der Fülle eines in seiner ganzen Tiefe erlebten Augenblicks war noch nie so hart. Unsere biologische Uhr protestiert, der Streß ist zu stark. Die Grenzen der Widerstandskraft des Organismus werden erreicht. Und die psychologische Zeit wird ebensowenig berücksichtigt wie die biologische; zahlreiche Biologen und Physiologen haben darauf aufmerksam gemacht.

So ist der Schularbeitstag eines Kindes fast dem eines Erwachsenen gleich. Für ein Kind ist die Last der Stunden schwerer. Ist es richtig motiviert, lernt es rascher als ein Erwachsener. Sonst aber verbringt es lange Stunden eingesperrt in einer Welt, die ihm im Vergleich zu der draußen arm vorkommen muß.

Unsere Epoche, die so gierig danach ist, Zeit zu gewinnen, wird durch die Eroberung der Zeit ebenso charakterisiert wie durch die Eroberung des Raumes. Wir haben computer-gesteuerte Kommunikations- und Transportmittel und erfinden weitere Maschinen, um Zeit zu erobern. Vielleicht aber sind diese Maschinen eine Falle. Die Computer arbeiten mit Nanosekunden (eine Nanosekunde verhält sich zu einer Sekunde wie eine Sekunde zu dreißig Jahren); die Menge an Informationen, die jetzt schon im sozialen Organismus zirkulieren, ist so groß, daß die Lebenszeit aller heute auf der Erde lebenden Individuen aneinandergereiht nicht ausreichen würde, diese Informationen aufzunehmen, zu verarbeiten und sich anzueignen. Die Schlußfolgerung daraus ist: Die für das Funktionieren der Gesellschaft nötige Informationsmenge übersteigt schon weit unsere Fähigkeit, sie zu verarbeiten, auch wenn wir Computer zu Hilfe nehmen. Was sollen wir tun? Uns auf die Computer verlassen? Selbst im Apollo-Programm wurde die Hierarchie der Computer, die unmittelbar die Startparameter während des Countdown kontrollieren, so konstruiert, daß die letzte Entscheidung über den Abschluß von einem Menschengehirn gefällt wird, dem des Direktors dieses Programms. Die Organisation und der Erfolg des Apollo-Programms beruhten auf dem Faktum, daß es sich um eine von ihrem Ziel bestimmte Operation handelte. Das ermöglichte den Verantwortlichen, Auswahl zu treffen, Zeit und Ressourcen aufzuwenden, die Zeit zu organisieren.

Im Gegensatz dazu haben unsere Gesellschaften es noch nicht verstanden, ihre Ziele auszuwählen. Um die Zeit zu befreien, jedem seine freie Zeit wiederzugeben, reichen weder Wachstum noch stationäre Volkswirtschaft aus. Wir müssen dahin kommen, daß wir die Ziele um den Zeitpunkt, wann sie erreicht werden sollen, klar festlegen. Vielleicht gelingt es uns dann, wirksam gegen eine Form der Verschwendung zu kämpfen, die viel



schlimmer ist als die der Energie oder der Rohstoffe: *die Verschwendung der menschlichen Energie*. Vielleicht aber müssen wir, um das zu erreichen, auch bis zu einer Umkehr unserer Wertskala gehen? Will man Ziele zu einer bestimmten Zeit verwirklichen, muß man zwischen verschiedenen Zwängen eine Wahl treffen. Jede Wahl aber beruht notwendigerweise auf einer Hierarchie der Werte. Die unsere ist veraltet, die Rückschläge unserer Industriegesellschaften beweisen es. Kann man in der neuen Generation, die globalem Denken gegenüber aufgeschlossener ist, das Erscheinen neuer Werte beobachten?

# Wertvorstellungen und Erziehung

Unsere Erziehung und Bildung bleibt hoffnungslos analytisch, zentriert auf ein paar Disziplinen, wie ein Puzzle, dessen Einzelteile sich nicht ineinander verzahnen. Sie bereitet uns weder darauf vor, global an die Probleme heranzugehen, noch das Spiel ihrer Interdependenzen zu berücksichtigen.

Dennoch stellt die Generation der 18- bis 25jährigen die Probleme global zur Debatte. Anscheinend haben die Jungen aus tausend parallelen Kanälen von den traditionellen Medien bis zu denen der Gegenkultur, durch eine Art Osmose mit Natur und Gesellschaft, gelernt, von sich aus eine bestimmte Form von systemgerichteten Ansatzpunkten zu entdecken. Sie verwenden sie auf ihre Weise zur Lösung von Problemen, die bisher der Analyse und Logik ihrer Elterngeneration widersprachen. Ganz natürlich haben sie aus dem Makroskop eine Kommandowaffe gemacht.

Aber dieses sich Herausschälende Denken, diese neue Art, die Welt zu sehen und zu beurteilen, ist nicht das Monopol einer einzigen Generation. Andere Männer und Frauen, aus allen Altersklassen und Gesellschaftsschichten, teilen heute diese Sicht der Dinge. Deshalb werde ich sie einfach das »neue Denken« nennen.

## Bildung einer globalen Betrachtungsweise

Die neue Sicht der Welt wurde nicht durch eine einzige Ursache bewirkt, sondern ist das Ergebnis der Konvergenz, Integration und Interdependenz einer großen Anzahl von Fakten.

Manche Beobachter stellen den katalytischen Effekt der Kommunikation in den Vordergrund, andere die plötzliche, von der Umweltkrise ausgelöste Entdeckung, daß unser Planet begrenzt ist, wieder andere die Klarsicht der politischen Kritik an der Industriegesellschaft und die Analyse ihrer vielfältigen ökologischen, ökonomischen und menschlichen Folgeerscheinungen. Schließlich gibt es Beobachter, die den Akzent auf die Auswirkung der Nachkriegs-Bevölkerungsexplosion legen, die global zu einer Art »Klassenbewußtsein« einer ganzen Generation führte.

Man kann diese Elemente unmöglich voneinander trennen, aber man kann versuchen, im Zusammenhang mit der Entstehung dieser globalen Sicht den Einfluß der kulturellen und psychosozialologischen Faktoren zu unterscheiden vom Einfluß äußerer Faktoren, die zum Phänomen der Evolution, in ihrem ganzen, umfassenden Sinn betrachtet, gehören.

## Im Spiegel der Objektivität

Bestimmte große, wissenschaftliche Entdeckungen haben vielleicht mehr als anderes dazu beigetragen, unseren Blick für die Welt zu weiten und den Geist für eine globale Sicht der Dinge zu öffnen. Hier muß man an erster Stelle die beiden größten Ideen erwähnen, die uns wohl das 19. Jahrhundert hinterlassen hat: in der Biologie die Evolutionstheorie und in der Thermodynamik die Entropie-Vorstellung. Wir haben gesehen, wie sie es ermöglichten, die verschiedenen Komplexitätsebenen in der Natur »vertikal« zu integrieren. Aber man muß auch die neuen Umwälzungen der in den vierziger Jahren entstandenen Disziplinen anführen: die Kybernetik, die Informationstheorie, die Systemtheorie und die Informatik. Sie schieben sich wie Keile in die Spalten zwischen Weltvorstellungen, die nur Abgetrenntes, Unzusammenhängendes sahen, und sprengen unsere eingengte, fragmentarische Sicht von Natur und Gesellschaft.

Das Eintauchen in die große Vergangenheit des Menschen, des Lebens und der Erde, wie es die Beschäftigung mit der verallgemeinerten Evolution darstellt, führt noch zu einer anderen Umwälzung, in diesem Fall zu einer philosophischen. Sie fängt uns Beobachter in der Falle unserer eigenen Objektivität. Durch das, was die Wissenschaft dem Subjekt über die Mechanismen seiner eigenen Evolution gelehrt hat, kann es sich »an die Stelle der Natur setzen«, sich Gedanken machen über »die Logik des Lebendigen« und sich so im *Spiegel der Objektivität* betrachten. Der Beobachter hat sein Netz über die Natur geworfen und meint, er könne außerhalb der Phänomene bleiben, die er studiert, er sei ein neutraler, unparteiischer und unbestechlicher Zuschauer. Doch er findet in seinem Netz das andere Gesicht seiner selbst, er ist mit allen Fasern der Natur und der Materie, die vor ihm auf der Erde waren, verbunden.

In diesem Kontext müssen wir die ewigen Fragen nach unserer Herkunft, nach der Bedeutung des Lebens, den Folgen unseres Handelns und unserer Bestimmung aufs neue stellen. Und in diesem globalen Kontext erscheinen diese Fragen in einem ganz anderen Licht. Die neue Sicht will – und kann – nicht mehr das Objekt vom Subjekt trennen, nicht mehr die Gewißheit von der Naturwissenschaft geduldig angesammelter experimenteller Fakten lösen von der Bedeutung und Finalität des bewußten und schöpferischen Handelns, das die Welt verwandelt.

Diese naturwissenschaftlichen und philosophischen Umwälzungen haben

zusammen mit den großen politischen Ideologien des 19. Jahrhunderts (ebenso vom Materialismus wie vom Spiritualismus inspiriert) zur Vorbereitung des neuen Denkens beigetragen. Sie haben uns die Grundfragen in den Mund gelegt, die wir heute stellen: nach den Gründen, Motiven und Endzielen unseres Handelns und unserer Erziehung.

## Das Gesicht der Welt

Bis vor kurzem waren wir blind und taub für die Verwandlungen und Pulsschläge des großen sozialen Organismus, dessen Zellen wir sind. Wir hatten nicht den nötigen Abstand, um seine Strukturzüge, seine Morphologie zu erkennen. Es fehlte uns die notwendige Zeit, die langsamen Wandlungen zu verfolgen oder die im Schneckentempo vor sich gehenden funktionalen Mechanismen nachzuweisen. Wir besaßen weder Instrumente noch Methoden, um an die Kompliziertheit seiner Gliederung und Lebensprozesse heranzukommen.

Heute jedoch ändert sich plötzlich alles. Das explosionsartige Zunehmen der Kommunikationsmittel, die Beschleunigung der Evolution und das Zusammenspiel der energetischen und ökonomischen Interdependenzen zerreißen mit einem Schlag den Schleier, der unseren Augen das Ganze des Planeten verhüllte, und gleichzeitig wird auf dramatische Weise deutlich, wie lächerlich klein und begrenzt das »Raumschiff Erde« ist.

Täglich veröffentlicht die Presse Fotos, die von Wettersatelliten aufgenommen wurden und die Wolkenschichten über Ozeanen und Kontinenten zeigen. Geografische und geologische Satelliten spüren die geringste Verschmutzung des Meeres auf und senden Aufnahmen zur Erde, deren Genauigkeit alle Landkarten übertrifft, die wir vom Erdboden aus schaffen konnten.

Die großen internationalen Organisationen, die Reiseunternehmen, die Luftverkehrsgesellschaften und Hotelketten, die Weltausstellungen oder großen Sportveranstaltungen unterhalten netzartige Verbindungen um die ganze Erde, die für die Mobilität von Menschen und Ideen sorgen. Diese vielen Spiegel, die uns die Facetten unseres eigenen Bildes zurückwerfen, zwingen uns dazu, daß wir uns global unserer Verschiedenartigkeit, aber auch unserer tiefen Einheit bewußt werden.

Es gibt eine enge Beziehung zwischen der schnellen Ausbreitung von Ideen und der kollektiven Wahrnehmung einer »Gegenwart« der Welt. Moden, revolutionär veränderte Sitten, technische Entdeckungen breiten sich rasch wie Epidemien aus. Gedanken haben die »Infektionskraft von Viren«, wie Jacques Monod es ausdrückt. Ist der Nährboden günstig, wird er im Nu total überschwemmt. Der Druck, den die Jungen ausüben, wird im gleichen Augenblick rund um die Welt spürbar. Und er bezieht sich auf dieselben großen Probleme: Achtung der menschlichen Person, Rolle der

Frau in der Gesellschaft, Schutz der Natur, Kritik am Wirtschaftswachstum, dem Platz, den Kunst, Religion und Subjektives in der Industriegesellschaft einnehmen sollen.

Das Aufeinandertreffen von Zivilisationen und Kulturen ruft eine Integration der zivilisatorischen Werte und eine komplementäre Differenzierung der kulturellen Werte hervor. Hinter einer »weltöffentlichen Meinung«, dem »Kollektivbewußtsein« – und sogar dem »kollektiven Unbewußten« – sieht man nach und nach sich die großen Linien einer »Psychologie« abzeichnen, die aus der Noosphäre auftaucht.

## Das Leben auf der Erde

Man bemerkt die Bedeutung einer lebenswichtigen Funktion der Gesellschaft erst dann, wenn sie sich verlangsamt, und noch mehr, wenn sie ausfällt.

Eines der besten Beispiele für diese simple Feststellung bietet die Energiekrise. Gleichzeitig mit der weltumspannenden Rolle der Energie in der modernen Gesellschaft entdeckte man mit einem Schlag, wie kompliziert das Verteilungs- und Verbrauchsnetz der Energie ist, von den großen Industrien bis in die letzten Kapillargefäße, das heißt bis zu jedem von uns. Und als Folge davon trat die weltumspannende Interdependenz der verarbeitenden Industrien und der Volkswirtschaften grell zutage.

Aber es gab noch etwas Wichtigeres: Plötzlich wurden wir uns unserer Macht bewußt, daß wir als Individuen kollektiv handeln konnten durch große Regulationsmechanismen, auf die wir uns keinerlei Einfluß zuge-  
traut hatten. Es war für viele von uns vermutlich eine Entdeckung, als sie feststellten, welche Gesamtauswirkungen auf die Volkswirtschaft eines Landes die Einschränkung des Autoverkehrs oder die mögliche Wiederverwendung von Abfällen, die auf dem Unterscheidungsvermögen des einzelnen beruht, haben konnten.

Aber die umfassende Wahrnehmung des Funktionierens (oder Nichtfunktionierens) des Gesellschaftsorganismus gründet sich noch auf viele andere positive oder negative Faktoren. Unter ihnen kann man auch an die großen Pannen wie das *Black out* an der Küste der Vereinigten Staaten im Jahr 1965 erinnern, an Streiks mit internationaler Auswirkung, etwa der Post, des Luftverkehrs, der Fluglotsen oder der Informatik in den Banken. Diese Streiks ziehen ganze Regionen, ganze Länder in Mitleidenschaft und verstärken auf der ganzen Erde das Gefühl wechselseitiger Abhängigkeit der gesellschaftlichen Funktionen.

Große Katastrophen, Dürre, Überschwemmungen, Wirbelstürme, Erdbeben, Seuchen, Hungersnöte, sind Ereignisse, die uns herausfordern und uns wider unseren Willen zwingen, die Probleme der anderen ins Auge zu fassen und ihnen näher zu treten.



Die Gewalt in allen ihren Formen zieht die Aufmerksamkeit von Millionen Menschen auf sich, und zwar gleichzeitig auf unserem ganzen Planeten. Atomversuche in der Atmosphäre bringen Länder in eine gemeinsame Abwehrfront, die sonst oft recht verschiedene Sitten und Ideologien haben, und polarisieren die Weltöffentlichkeit.

Noch mehr trägt vielleicht die Wirtschaft mit ihren weltweiten Dimensionen zu dieser globalen Erkenntnis der Verflechtung bei: Kursschwankungen an den großen Börsen, heftiger oder nachlassender Rohstoffbedarf, Sturm auf das Gold, sich ändernde Währungsparität, Beziehungen zwischen Erdöl produzierenden und Erdöl konsumierenden Ländern, Interdependenz der Probleme, die durch die Ernährungs- und die Energiekrise und durch die Inflation aufgeworfen werden – alle diese Faktoren wirken zusammen, um das Gefühl gemeinsamer Teilhabe an den Lebensfunktionen eines Organismus zu verstärken, eines Organismus, der uns umschließt und den man zwar nicht sieht, aber dessen pulsierendes Leben man spürt.

### **Die Beschleunigung: Von der Ungeduld zum deutlich Sichtbaren**

Das Gefühl der Ungeduld überwiegt. Mehr denn je bewertet die Jugend den Abstand zwischen ihren Erwartungen und der Trägheit der Institutionen, die Unterschiede zwischen dem, was sie in der Schule gelernt haben, der Welt, wie sie sie sehen, und dem Zustand, wie sie sein könnte. Diese Ungeduld gehört zu jeder »neuen Generation« (in welcher Zeit auch immer), aber heute wird sie verstärkt durch den schnelleren Ablauf der Ereignisse. Nie erschien die Zukunft – kollektiv – gewagter und ungewisser. Alles ist möglich: ein Zusammenbruch des Wirtschaftssystems, Kriege, Diktaturen. Warum also noch versuchen, geduldig Kenntnisse anzuhäufen, die altmodisch sind, wenn man sie auswerten soll? Warum die lange Vorbereitungszeit auf Berufe, die es in zehn oder zwanzig Jahren vielleicht nicht mehr geben wird? Warum, wie es das Beispiel vieler Erwachsener zeigt, hingehen und sich im Büro oder in der Fabrik langweilen? Auf diese Fragen wird manchmal mit extremen Haltungen geantwortet: Statt sich einem Gesellschaftssystem zu integrieren, das vielleicht seine letzten Jahre hinter sich bringt, eignet man sich im Gegenteil die Dinge, denen man Wert beimißt, so schnell wie möglich an, denn nichts kann garantiert werden. Man erlebt auch, wie eine Gruppe von Randberufen entsteht, die vielleicht manche Züge der nachindustriellen Gesellschaft vorwegnehmen.

Aber es gibt auch den Eindruck offen zutage liegender Verhältnisse, denn die Beschleunigung des Geschichtsablaufs spielt auch die Rolle eines großen »Enthüllers«. Durch sie kommt wie bei der Zeitrafferaufnahme einer sehr langsamen Verwandlung eine Ausrichtung oder Intention

augenfällig zum Vorschein. Die Jungen – besser informiert durch ihre vielfältigen parallelen Kommunikationskanäle, durch gegenseitige Beobachtung und Erziehung und auch offener für andere – erkennen viel deutlicher als die Älteren Ereignisse, Entwicklungen und Situationen, die den Fachleuten und Kundigen oft entgehen. Jede dieser Tatsachen wird in einen größeren Kontext gestellt, der sie erhellt und ihr ihre wahre Bedeutung gibt. Das Gefühl, daß es eine ganze Skala dringender Notwendigkeiten gibt, verstärkt die Ungeduld angesichts von Untätigkeit, Ohnmacht oder Resignation.

Sollte es diese Koppelung von einer umfassenderen Sicht des sozialen Organismus und der schärferen Erkenntnis der Beschleunigungsauswirkungen sein, die dem neuen Denken eine Art von »zweitem Gesicht« verleiht? An die Stelle des Analysierungsvermögens scheint sich eine neue Fähigkeit zu setzen, die »Muster wiederzuerkennen«, *pattern recognition*, wie die Angelsachsen sagen.

Das neue Denken hat anscheinend spontan gelernt, die Welt durch das Makroskop zu betrachten, ihre großen Muster aufzuspüren und wiederzuerkennen. Diese Gesamtschau hat das Systemdenken an die Stelle des analytischen Denkens gesetzt, das Subjektive, das man mit anderen teilen kann, an die Stelle des schwer mitteilbaren Objektiven.

Die tiefgreifenden Veränderungen unserer Vorstellung von der Welt gehen mit einer so großen Geschwindigkeit vor sich und führen zu kollektiven Bewegungen von solcher Breite, daß man sie die meiste Zeit mit *Moden* verwechselt. Viele Fachleute der Sozialwissenschaften versäumen es, sie zu studieren und mit den traditionellen Methoden zu analysieren. Nur ein paar Soziologen oder helllichtige Journalisten verstanden es durch ein umfassenderes Anpacken der Probleme, die neuen Dimensionen einer Welt in Beschleunigung mit zu erfassen. Das hat sie befähigt, die Wandlungen besser zu interpretieren und sie in den Kontext der allgemeinen Evolution der Sitten, der Werte und der Kultur zurückzusetzen.\* Der Beitrag dieser Soziologen und Journalisten wird sehr oft von ihren traditionsgebundenen Kollegen kritisiert, denn sie gehen auf ganz andere Weise an die Probleme heran, sie benützen wie die Generation, die sie beobachten, die Fähigkeiten der *pattern recognition*. Sie betrachten die Dinge durch das Makroskop, gehen von einem Systemdenken aus, durch das sie die Fakten in vielfache Facetten zusammenfassen, die ihre Möglichkeiten verdeutlichen und ihren Sinn enthüllen. Manche ihrer Interpretationen haben unvermeidlicherweise Lücken oder enthalten sogar Irrtümer, aber ihre Beiträge ergänzen die der klassischen Soziologen. Heute haben die »Rand«-Soziologen einen tiefen Einfluß auf eine

---

\* Ich denke im besonderen an die Arbeiten von Jacques Ellul, Marshall McLuhan, Herbert Marcuse, Margaret Mead, Edgar Morin, Charles A. Reich, Jean-François Revel und Alvin Toffler.

Generation, die sich in dem von ihnen vorgehaltenen Spiegel wiedererkennt. Ihre Sicht der Dinge katalysiert und verstärkt eine universale Bewegung, deren Breite weit über eine Mode hinausgeht und helllichtig die wahren Probleme der Zivilisation zu Debatte stellt.

## Neue Wertvorstellungen

Eine sehr ernst zu nehmende Gesellschaftskritik und der menschlichen Beziehungen kristallisiert sich gegenwärtig heraus. Sie ist im wesentlichen die Sache einer Generation, die manchmal den hergebrachten Sitten und Werten so fremd gegenübersteht wie die Bewohner einer anderen Welt, die plötzlich auf der Erde landeten. Es fällt schwer, die wichtigsten Punkte der Kritik zusammenzufassen und die Grundwerte zu entwickeln, auf die sich das neue Denken stützt. Ich möchte es dennoch versuchen, allerdings mit ein paar Vorsichtsmaßnahmen.

Die neuen Werte, von denen die Rede sein wird, sind nicht dazu bestimmt, jäh die alten zu ersetzen. In diesem Bereich gibt es keine lineare Evolution, sondern ein Nebeneinander, Koexistenz und manchmal Komplementarität. Und dies alles entspricht dem Ausmaß oder der Schnelligkeit der Evolution in den Milieus, den Gruppen und Arten der Gesellschaften, auf die diese Werte bezogen sind.

Ich will versuchen, eine Frage zu beantworten, die von der gegenwärtig die Macht ausübenden Generation oft gestellt wird, die Frage nämlich, was die Jugend vorschläge anstelle dessen, was sie zu zerstören suche. Dafür will ich die Hauptkritik des neuen Denkens an der gegenwärtigen Gesellschaft darstellen. Auf Seite 229 f. bringe ich eine Tafel, die die wichtigsten Punkte des Übergangs von den traditionellen zu den neu sich bildenden Werten aufzeigt. Ich bin mir der Schematik dieser Wiedergabe bewußt, aber ihr Hauptziel ist es, eine Möglichkeit zu geben, daß man die Beziehungen zwischen den Bestrebungen einer Generation und der Erziehung, die man ihr bietet, überblicken kann.

### Kritik an der Autorität

Die Kritik an der Autorität ist verbunden mit der an der Legitimität der Macht, wie sie wahrgenommen wird. Konkret und fast karikiert wird diese Macht symbolisiert durch die »neun Säulen«, die seit Beginn der Zivilisationen die menschlichen Gesellschaften durch Gesetz sowie soziale und moralische Ordnung sicherten: Staat, Kirche, Familie, Schule, Rechtspflege, Armee, Polizei und seit kürzerer Zeit Unternehmerschaft und Ärzte. Die Autorität materialisiert sich in den Befehlen, die vom »Chef« kom-

men, vom Staatschef, vom Priester, vom Vater, Lehrer, Richter, General (oder Feldwebel), vom Polizisten, Direktor oder Hausarzt.

Diese Wächter der moralischen und sozialen Ordnung wurden von den früheren Generationen als gleichrangig mit den Institutionen, die sie vertraten, akzeptiert. Weder das eine noch das andere wurde angefochten, man nahm die Anordnungen hin und verließ sich auf die Autorität. Heute aber werden die Legitimität der Macht und die Bedingungen ihrer Anwendung in Zweifel gezogen. Man setzt das Handeln durch Beeinflussung und Motivation der direkten Machtausübung entgegen, denn Beeinflussung bringt die Freiheit der Wahl ins Spiel, nicht physischen Zwang. Sehr schematisch gesagt, gibt es zwei Arten, Dinge und Menschen zur Aktion zu bewegen: unmittelbare Ausübung der Macht und Beeinflussung.

Direkte Machtausübung kann sich auf physische Gewalt oder auf psychischen und moralischen Zwang stützen. Ihre Legitimität beruht auf der Herrschaft, die der Besitz oder die Kontrolle von Energie- oder Finanzkapital verleiht. Beeinflussung stützt sich auf die Kraft von Ideen und auf das Beispiel. Wissenskapital ist oft ihr Rückhalt. Die erste Methode führt im allgemeinen dazu, daß man auf die Strukturen einwirkt, um die Menschen zu verändern. In diesem Fall ist der Abstand zwischen Anwendung und Ergebnis relativ kurz. Die zweite Methode sucht die Geister zu verändern, um die Strukturen zu wandeln, was offensichtlich mehr Zeit beansprucht. Große Führerpersönlichkeiten sind vielleicht solche Menschen, die beide Methoden je nach Zeit und Umstand zu dosieren wissen. Die totalitäre Diktatur erschiene so als die politische Karikatur direkter Machtausübung, während die Karikatur der indirekten Aktion durch Beeinflussung die Form der intellektuellen Diktatur annähme, wie sie manche lehrenden oder religiösen Eliten ausüben.

Das neue Denken erhebt sich gegen jede Form von Machtmißbrauch. Um ihn zu vermeiden, sucht es dem Respekt vor der institutionellen Hierarchie und der Zentralisierung der Macht das ständige Neuabschätzen einer auf Fähigkeiten und Dezentralisierung der Verantwortlichkeiten gegründeten Rangordnung entgegenzusetzen. Die traditionelle Pyramide der Autorität der Hierarchie, der Disziplin und der Beherrschung verwandelt sich in eine »horizontalere« Gliederung, die der einer lebenden Zelle gleicht. In dieser Art von Organisation werden Herrschaft, elitäres Verhalten, Pflichtbewußtsein und erzwungene Beziehungen ersetzt durch Ausstrahlung, Zusammenwirken, innere Motivierung und Beziehungen durch freien Zusammenschluß. Das ist die Umkehr traditioneller Macht und Autorität, die Verwaltung von der Basis her in gegenseitig voneinander abhängigen Gemeinschaften. Diese Umkehr zeichnet sich ab in der großen Verbreitung von Wörtern mit der Vorsilbe »Selbst-« oder »Mit-«, deren Beliebtheit evozierende Kraft verrät: Selbstbestimmung, Selbstverwaltung, Miteigentum, Mitverantwortung, Mitbestimmung.



## Kritik an der Arbeit

Die grundsätzliche Kritik an der Arbeit geht über eine schlichte Desakralisierung des Wertes Arbeit und den Zweifel an ihrer ethischen Bedeutung hinaus. Sie betrifft auch die Bedingungen, die Umwelt und die »Spielregeln« der Arbeit, und das nicht um ein Loblied der Faulheit zu singen, wie man es allzu oft unter Hinweis auf extreme Haltungen behauptet, sondern um die Arbeitszeit zu befreien, damit jedermann wieder Eigentümer seiner Zeit werde, jeder unter seinen eigenen Bedingungen arbeiten kann, nach seinem eigenen Rhythmus, in nicht zusammenhängenden Zeitspannen, damit man auch die Möglichkeit hat, seine Arbeit zu personalisieren. Warum soviel produzieren, wenn man nicht mehr über die nötige Zeit verfügt, um das, was man produziert hat, zu verbrauchen, und wenn man damit unwiederbringlich die Natur zerstört? Warum soviel arbeiten, um materielle Güter zu erwerben, wenn man nicht mehr genug Zeit hat, sich selbst in der Beziehung zu den anderen zu erfüllen?

Diese Kritik wirkt sich auf eine ganze Reihe von Konformismen, Gewohnheiten und Spielregeln aus, die bisher hingenommen wurden, auf Diplome, Karriere, Wettbewerb, Erfolg. Sie enthüllt die Heuchelei der »Alibi-Arbeit«.

*Diplome und Zeugnisse:* Sie werden nicht mehr als Schlüssel zum gesellschaftlichen Erfolg betrachtet, sondern als Mittel, aufgrund selbstgesetzter Fristen und nach eigenen Möglichkeiten die Regeln eines persönlichen Spiels festzulegen, durch das man lernt, sein Ich zu differenzieren, seinen Geist zu bereichern und bis an die eigenen Grenzen vorzustoßen. Nach dem Protest der späten sechziger Jahre scheinen die amerikanischen Studenten der siebziger Jahre sich mehr denn je auf ihr Studium und ihre Examina zu konzentrieren. Sie sind *self-centered* geworden, sie arbeiten *für sich selbst*.

*Die Karriere:* Es erscheint illusorisch, wenn man sich einen ganzen Teil seines Lebens auf Tätigkeiten vorbereitet, die es nicht mehr geben wird, wenn man sein Berufsziel erreicht hat. Einer einzigen, linearen Berufslaufbahn zieht man eine Abfolge verschiedener Beschäftigungen vor, sogar die Aufgabe beruflicher Tätigkeit, mindestens eine Zeitlang, und befaßt sich mit Nachdenken und Engagement für eine Sache.

Das Leben ist eine Abfolge von *Wahlsituationen* und *Zielpunkten*. Anpassung ist die Regel. Die Gesetze der Kybernetik zeigen in einer Umwelt, die sich verändert, die Wirksamkeit von Servomechanismen, die sich anpassen können, und das Scheitern programmierter Mechanismen deutlich. Aufgrund der Beschleunigung kann keine Berufsausbildung mehr programmiert werden, die Wahl eines Berufes darf keine Hauptentscheidung mehr sein, die das ganze Leben betrifft.



*Der Wettbewerb:* Wettbewerb im Berufsleben erschien bis jetzt als eine gesunde Motivierung für den Erfolg. Das neue Denken lehnt alle Konkurrenz ab, die vom traditionellen »Kampf ums Dasein« ererbt ist. Es weist alle einfältigen, auf »Vorzugsleistung« und »Verdienst« gegründeten Vergleichsvorstellungen zurück, denn solche Vergleiche führen im allgemeinen zu einer willkürlichen Klassifizierung der Individuen, zu Werturteilen, die die menschlichen Beziehungen einschränken und verarmen lassen.

Das bedeutet die Verweigerung des Hindernislaufes (des *Rat race*, Ratennen, wie die amerikanischen Studenten sagen), in dem man, um ans Ziel zu kommen oder sich auch nur halten zu können, das menschliche Hindernis, das sich einem in den Weg stellt, ausschalten muß. Heute ziehen viele Menschen sogenannte »Rand-« Berufe vor, in denen man zuweilen warmherzige menschliche Beziehungen findet, auf jeden Fall aber Zeit zum Nachdenken. Manchmal auf etwas naive Weise erscheint so die vom Konkurrenzdenken befreite Gesellschaft nicht mehr als Dschungel, sondern als Interessengemeinschaft, deren Evolution auf gegenseitiger Hilfe, Zusammenarbeit und gegenseitiger Erziehung beruht – auf Partnerschaft.

*Der Erfolg:* Auch der gesellschaftliche Erfolg wurde lange Zeit als sehr wichtige Motivierung für das Berufsleben und als ein indirekter Faktor des wirtschaftlichen und sozialen Fortschritts betrachtet. Mit dem Erfolg kommen Ehrungen, Beachtung, Respekt, gute Stellung, Sicherheit, materieller Wohlstand und auch Macht. Das alles sind im wesentlichen egoistische Werte einer Zivilisation, die auf der Eroberung und Beherrschung der Natur beruht, auf der Knechtung des Menschen durch den Menschen. Erfolg stellt sich für das neue Denken durch *persönliche Erfüllung* ein, er ist wachsender Reichtum an Erfahrungen im Kontakt und Interaktion mit anderen Menschen und anderen Kulturen, die Freude, die gut gemachte Arbeit bringt, das Gefühl – das im gegenwärtigen Zustand unserer Gesellschaft so schwer zu erreichen ist –, daß das eigene Handeln nützlich und wirksam sei. Man sucht eine »Rolle«, ein Engagement, eine Sache und nicht so sehr den spezialisierten und sinnentleerten Job, den die moderne Gesellschaft allzu oft anbietet.

*Die Heuchelei der »Alibi-Arbeit«:* Vielleicht noch mehr als Diplome, Karriere, Konkurrenz oder Erfolg kritisiert das neue Denken die Heuchelei, die sich aus den Spielregeln einer zum Selbstzweck gewordenen Arbeit ergibt und die immaterielle Regeln und eine Logik ohne Zusammenhang mit dem wirklichen Leben aufbaut.\*

Zu Recht besteuert man die äußeren Zeichen des Reichtums, doch die »äußeren Zeichen der Arbeit« belohnt man. In vielen Arbeitsbereichen

---

\* Es versteht sich von selbst, daß sich diese Kritik und meine Analyse in erster Linie auf die Arbeit der Angestellten, auf die Bürotätigkeit, bezieht.

(vor allem in Europa) wird man noch immer nach der Dicke der Berichte, der Quantität der Notizen, Aktenvermerke oder Briefe, die man täglich produziert, nach der Zahl der Besprechungen oder Telefongespräche, der Länge seiner Arbeitszeit beurteilt und entsprechend befördert. Wer hat nicht in seinem Berufsleben jenen unfähigen Chef erlebt, der keinen Entschluß fassen und keinen Mitarbeiter motivieren konnte, der aber sicher auf seinem Stuhl sitzen blieb, weil er einem bestimmten Milieu entstammte, von dem er abhing und das die gleichen Werte, die gleiche Ethik wie er befolgt: Bewunderung für sein »Arbeitstempo« und seine »treue Pflichterfüllung«.

So verwechselt man fieberhafte Tätigkeit mit effektiver Arbeit. Die Methoden, Arbeit zu kontrollieren, die wir noch immer anwenden, heben mehr ab auf die Quantität als auf die Qualität, die schwerer zu bewerten ist.

Schon ist das Bild des überarbeiteten Geschäftsmannes oder Führungsteams kein Anlaß zur Hochachtung mehr, sondern eher etwas Mitleiderregendes. Die übermäßige Aktivität und die Pressionen, denen diese Menschen ausgesetzt sind, werden in vielen Fällen durch die Verantwortung und die besonderen Verhältnisse, in denen sie sich befinden, gerechtfertigt und als unausweichliche Notwendigkeit erklärt. Aber verbirgt diese Aktivität nicht öfter, als man denkt, Ehe- oder Familiensorgen, die man zu vergessen und zu meiden sucht? »Die hohe Bewertung der Arbeit kann eine Flucht vor dem Sein verdecken«, sagt Denis Vasse in *Le Temps de désir* und an anderer Stelle: »Die Arbeit kann das verlogenste Alibi des Menschen sein . . . Die Pflicht zu arbeiten bietet sich für alle unbewußten Rechtfertigungen an.« Die üblichen Klischees: »Ich kann keine Ferien nehmen, ich bin überlastet . . . Ich sehe meine Kinder gar nicht mehr, ich komme nie vor neun Uhr nach Hause . . . Er ist ein Arbeitstier, man darf es ihm nicht übel nehmen, er hat zu viel um die Ohren« und so weiter sind keine akzeptablen Entschuldigungen mehr, sondern Zeichen der Weigerung, alle Dimensionen der menschlichen Verantwortung auf sich zu nehmen. Viele junge Menschen lehnen es ab, ihre Kräfte in einem unfruchtbaren und sinnleeren Kampf zu verschwenden, in dem der Schein die Oberhand hat über das Sein, in dem das äußere Bild, das man bietet, wichtiger ist als das Ergebnis des Handelns.

## **Kritik am Verstand**

Im Namen des Verstandes und der Logik haben die in Politik und Wirtschaft Verantwortlichen, beeinflusst vom Fortschritt der Naturwissenschaft und Technik, die Zivilisation des Fortschritts, des Wirtschaftswachstums und der Naturbeherrschung aufgebaut.

Das neue Denken mißtraut dem Verstand und der Logik. Gewiß, die

analytische Methode, die cartesianische Logik und das Prinzip des zureichenden Grundes waren unumgängliche Werkzeuge für den Aufstieg der Menschen zu einem gewissen Entwicklungsniveau. Alle Welt anerkennt das. Aber diese Methoden, Prinzipien und Postulate stellen nicht mehr die einzigen Fundamente der Erkenntnis dar. Der objektiven Erkenntnis kann man die subjektive Erfahrung gegenüberstellen, der naturwissenschaftlich definierten Größe »Leben« das gelebte Leben und seine Qualität gegenüberstellen.

Um die Notwendigkeit einer solchen Grenzüberschreitung deutlich zu machen, will ich nur ein einziges Beispiel anführen, die Ablösung der ausschließenden Logik (an die uns unsere Schulbildung gewöhnt hat) durch eine neue, assoziierende Logik. Die ausschließende Logik führt dazu, in entgegengesetzten und sich gegenseitig ausschließenden Termini zu denken, also wahr und falsch, gut oder schlecht, schwarz oder weiß. Sie führt zu den im Denken wohlbekannten Dichotomien, in denen sich gewisse, vom 19. Jahrhundert ererbte Ideologien verbergen.

Der Klassenkampf oder die kapitalistische Konkurrenz zum Beispiel sind, so gegensätzlich sie sein mögen, in Wirklichkeit gleichsam die beiden Seiten einer Medaille, denn beide entstammen der darwinistischen Vorstellung vom Kampf ums Dasein, und dieser Kampf geht um alles oder nichts, um Leben oder Tod. Auf Vorstellungen dieser Art wird eine ganze Werteskala errichtet, die Handeln oder Urteil anderen gegenüber bestimmt: Wenn ich recht habe, hast du unrecht, wenn ich gewinne, bist du der Verlierer. Das ist die *Zero sum* der Spieltheorie. Und das führt, wie man tagtäglich sehen kann, zu fanatischem, unversöhnlichem Verhalten. Nun zeigen uns aber Biologie und Ökologie, daß es so radikal unterschiedliche Positionen in der Natur nicht gibt. Jede Beziehung und jedes Gleichgewicht gründen sich auf Pluralismus, Verschiedenartigkeit, wechselseitige Kausalität. Es gibt keine ausschließende Logik oder eine solche der Gegensätzlichkeit, sondern eine Logik der Assoziation und der Komplementarität. Das biologische oder ökologische Denken führt so zur Bildung assoziativer Werte, die den Weg frei machen für Toleranz und Respekt gegenüber Gedanken und Kulturen.

Die ausschließende Logik hat im Verein mit einer kausalistischen, analytischen und manchmal reduktionistischen Vorstellung von der Gesellschaft und ihrer Evolution viele Verantwortliche in Politik und Wirtschaft dahin gebracht, daß sie sich nur noch mit Objekten, mit »Sachen« oder »Leuten« befassen und die Subjekte, die Menschen, das Leben links liegen lassen. Man bildete Leute heran, um materielle Dinge zu produzieren oder um Menschen zu verwalten, die wie Sachen in den großen Apparaten funktionieren sollten.

Diese grundsätzliche Kritik richtet sich heute, weit gefächert, gegen den technischen Fortschritt, gegen die Endzwecke von Forschung und Wachstum. Und daher rührt die extreme antinaturwissenschaftliche, antitechno-

logische und antirationale Haltung, die man auf so vielen Universitäten antreffen kann.

Man sucht nach einer sozialen Rolle der Wissenschaft. Große Universitäten, von der Tradition her der Forschung und Lehre verpflichtet, fügen zu dieser Aufgabe »Dienstleistungen« hinzu, etwa indem sie Stadtverwaltungen und Regierungsstellen behilflich sind, soziale Probleme von einer Kompliziertheit anzupacken, daß ihre Lösung eine Zusammenarbeit vieler Fachrichtungen verlangt.

Manchmal führt eine derartige Kritik am Verstand zu extremen oder naiven Einstellungen, aber sie zeigt den Willen, sich dem Subjektiven zu öffnen. Das wird von Beobachtern gelegentlich als »Flucht« ins Irrationale oder den Mystizismus erklärt. Die Schwärmerei für östliche Religionen, für Astrologie und Magie, die Wiederentdeckung Jesu und sogar eine Art von ökologischem Pantheismus, der zu einem »Ökokultus«, der Andacht vor den großen Naturabläufen werden kann – all das gehört in diesen Umkreis.

### **Kritik an menschlichen Beziehungen**

Dem neuen Denken erscheint es unerträglich, daß Leute, die sich auf die allmächtige Autorität, den Wert Arbeit und die Logik berufen, im Namen von Gesetz und Ordnung Verbrechen gegen ein Land decken, es gestatten, daß sich Unterdrückung ausbreitet und genützt wird, Heuchelei, Lüge und Manipulation des Gewissens duldet. Die neueste Geschichte hat uns gezeigt, wie die gleichen Personen, die das Abbröckeln der traditionellen Werte, den Mangel an Idealismus in der Jugend und den Verfall von Sitte und Moral beklagten, die ersten waren, die die menschlichen Beziehungen in Staat oder Betrieb durch ihre verfälschten Wahrheiten und ihre egoistische und parteiische Haltung verdarben.

In diesem Kontext gesehen könnte der Druck, den die amerikanische Jugend auf die Medien und den Kongreß ausübte, um in der Watergate-Affäre der Gerechtigkeit zum Sieg zu verhelfen, die Übertragung des Kampfes gegen die großen Industrien Ende der sechziger Jahre für eine neue Umweltmoral auf die Ebene politischer Moral sein.\*

Die menschlichen Beziehungen müssen sich auf allen Ebenen der Gesellschaft nicht nur auf einer Moral der Individuen, sondern auch auf einer neuen Moral der Gruppen gründen, die sich mit der der Individuen verträgt. Eben diese Gruppenmoral, ein wichtiges Zwischenglied zwischen der Moral der Spezies und der der Person, muß geschaffen werden.

---

\* Die »Moral« im traditionellen Sinn (in der Politik etwa) gründet sich noch allzu oft auf »Prinzipien« wie etwa: »Das Recht des Stärkeren«, »Der Zweck heiligt die Mittel«, »Man darf sich nicht erwischen lassen« und »Niemals gestehen!«



Eines der Mittel dazu ist, von sich selbst auszugehen, damit man die anderen besser versteht. A. Reich erinnert daran, daß die einzige echte Möglichkeit, Gemeinschaft mit anderen zu finden, darin liegt, ehrlich zu sein gegen sich selbst. Man muß es schaffen, die eigenen Werte, die eigenen Ziele und seinen Lebensstil zu bestimmen und gleichzeitig die Eigenart der anderen zu akzeptieren und zu achten.

Dieser Ausgangspunkt zeigt auf dramatische Weise, wie armselig die menschlichen Beziehungen in der gegenwärtigen Gesellschaft sind, daß es Ungerechtigkeit, Privilegien, intellektuellen und materiellen Konformismus gibt, wie das Alter in Ghettos gesperrt und die Erziehung vom wirklichen Leben getrennt wird.

## **Kritik am Konzept der Gesellschaft**

Offensichtlich muß man versuchen, das Stadium traditioneller politischer Gesellschaftskritik zu überwinden um die Wege aufzuzeigen, die das neue Denken anscheinend beschreiten will. Auch hier besteht die Gefahr, daß extreme Haltungen und Übertreibungen die Grundbewegungen verdecken.

Es ist fast banal festzustellen, daß zwei Entwürfe der Gesellschaftsordnung Schiffbruch erlitten haben: der vom ungezügelten Kapitalismus angebotene und der des bürokratischen Kommunismus. Schwieriger aber ist es, den »dritten Weg« zu definieren, auf den diese Gesellschaft zuläuft. Ich bin mir der Schwierigkeiten einer solchen Aufgabe bewußt und versuche, am Schluß dieses Buches in großen Zügen die möglichen Strukturen und Funktionen einer solchen Gesellschaft darzustellen, indem ich eine indirekte Methode anwende: die »Szenario-Methode«. Doch auf der Ebene der Kritik muß man die grundsätzlichen Punkte hervorheben, auf die sie abzielt: Machtzentralisierung, Bürokratie, Einbahnverkehr der Information, Wachstum und Verbrauch, verarmte menschliche Beziehungen, Dogmatismus der Wissenschaft, anarchischer technischer Fortschritt, fehlende Anpassung der Institutionen, mangelnde Erziehung.

Das bedeutet die Feststellung eines Bankrotts, des Bankrotts der Benützung von Wissenschaft und Technologie, um uns zu Herren der Natur zu machen, es ist der »Zusammenbruch des Traums von Descartes und Faust«, wie Roger Garaudy sehr richtig sagt.

Um einen neuen Plan der Gesellschaft zu entwerfen, muß man von neuen Beziehungen des Menschen zum Menschen, des Menschen zur Natur und des Menschen zu seiner Zukunft ausgehen. Man muß an die schöpferische Kraft jedes einzelnen appellieren, seine Unabhängigkeit, sein Verlangen nach persönlichem Glück, an sein Suchen nach Freude und den Wunsch nach persönlicher Erfüllung respektieren, was notwendigerweise neben



den traditionellen Werten »Freiheit, Gleichheit, Brüderlichkeit« Pluralismus, Personalisierung, Verantwortung und Mitwirkung in sich birgt.

Um die Werte zu demonstrieren, auf die sich ein neuer Plan der Gesellschaft gründen könnte, stelle ich auf der folgenden Tabelle die traditionellen Werte den neu aufkommenden gegenüber. Dabei handelt es sich natürlich nicht darum, daß sie sich gegenseitig ausschließen, es geht eher um eine wechselseitige Befruchtung.

---

### *Traditionelle Haltung*

---

### *Neue Haltung*

---

#### *Kritik an der Autorität*

---

Autorität gegründet auf ungeteilter (geheimer) Macht, Herrschaft und Wissen.

Respekt vor der institutionellen Rangordnung, Ergebnisorientierung gegenüber etablierten Institutionen, Sinn für Pflicht und Schuldigkeit.

Elitäres Denken und Dogmatismus, Zentralisierung der Macht, Zwangsbeziehungen.

Autorität gegründet auf Ausstrahlung, Beeinflussung, Transparenz der Motive, Urteilsfähigkeit.

Dauernde Neubewertung in einer auf Urteilsfähigkeit gegründeten Rangordnung, Bedeutung der institutionellen Erneuerung, Notwendigkeit innerer Motivation.

Mitwirkung, Offenheit und Kritik. Dezentralisierung der Verantwortlichkeiten und Beziehungen durch eigenes Urteil.

---

#### *Kritik an der Arbeit*

---

Wichtigkeit von Zeugnissen: Verantwortung richtet sich nach dem Alter, theoretischen Kenntnissen, sozialem Rang.

Lineare, programmierte Berufslaufbahn, Wettbewerb, Ehrungen, Erfolg.

Hohe Bewertung von persönlichem Beitrag und persönlicher Anstrengung, harte Arbeit, Ergebnisorientierung dem Apparat gegenüber, Aufwertung der »äußeren Zeichen der Arbeit«.

Wichtigkeit von Lebenserfahrung, Verantwortung richtet sich nach der Fähigkeit, Probleme zu lösen und die Menschen zu motivieren.

Vielfältige Berufslaufbahn, Abfolge von Wahlsituationen und Zielen. Zusammenarbeit, persönliche Freuden, persönliche Erfüllung.

Hohe Bewertung von kollektivem Schaffen und Verdienst. Schöpferische Arbeit nach eigenem Rhythmus, Engagement für eine Sache, Aufwertung der Effektivität, um ein gegebenes Ziel zu erreichen.

---

## *Traditionelle Haltung*

Materielle Sicherheit der Stellung, Notwendigkeit der hierarchischen Beherrschung und Disziplin. Spezialisierter Job.

---

## *Neue Haltung*

Freiheit durch das Hinnehmen eines Risikos und Vielfalt der Funktionen. Notwendigkeit der Zusammenarbeit und Kommunikation. Funktion mit sozialer und menschlicher Verantwortung.

---

## *Kritik am Verstand*

Ausschließende Logik (Manichäismus), die kausal in eine einzige Richtung zielt.

Prinzip des zureichenden Grundes, Postulat der Objektivität, analytische Methode.

Reines Wissen.

Endzweck von Naturwissenschaft und Technik werden nicht in Zweifel gezogen.

Technischer Fortschritt, Wirtschaftswachstum und Wirtschaftsmacht werden wie die Beherrschung der Natur akzeptiert.

Assoziierende Logik (konform mit dem Ökosystem), auf wechselseitige Beziehung und umfassende Sicht bedacht.

Geteilte Subjektivität. Komplementarität der objektiven Fakten und erlebter Erfahrung. System-Denken.

Schöpferisches Denken.

Kritik am Endzweck von Naturwissenschaft und Technik.

Technischer Fortschritt wird im Zusammenhang mit sozialen Bedürfnissen akzeptiert. Gleichgewicht und Verteilung. Partnerschaft mit der Natur.

---

## *Kritik an menschlichen Beziehungen und am Konzept der Gesellschaft*

Fanatismus, Unversöhnlichkeit.

Aggressivität, Zynismus, Skeptizismus.

Benützung anderer zu persönlichen Zwecken, Ausstrahlung von Kraft und Härte.

Herrschaft. Privatinteressen.

Uniformität, Homogenität.

Toleranz.

Offenheit, Naivität, Begeisterung, Gefühl, nützlich zu sein.

Achtung vor den anderen. Ehrlich sein gegen sich selbst.

Zusammenarbeit, Gemeinschaftsinteresse, Suche nach einer Gruppenmoral.

Pluralismus.

## Quantität.

Nationale Macht. Wohlergehen der Individuen. Wirtschaftswachstum.

Patriotismus, Chauvinismus, Nationalismus, Imperialismus.

Ungezügelter Kapitalismus, bürokratischer Kommunismus.

## Qualität.

Nationale Ausstrahlung. Erhöhte Substanz der Individuen. Gleichgewicht und Verteilung.

Internationalismus, Interdependenz der Nationen und Kulturen. Beitrag der Religionen und Glaubensüberzeugungen.

Gemeinschaftsleben, »linke« Überzeugungen, Maoismus, Ökologie als Weltanschauung.

---

Eine Sammlung neuer Werte macht noch keine Politik. Gewiß, die neu aufkommenden Werte könnten anders gruppiert werden, zum Beispiel auf der Ebene des Individuellen (Moral, Ethik, Religion), auf der Ebene der Kultur (Philosophie, Wissenschaft, Technik, Kunst) oder auf politischer, wirtschaftlicher oder sozialer Ebene. Das gäbe die Möglichkeit, sie in eine Rangordnung zu bringen und die beherrschenden Werte herauszustellen. Eine solche Umgruppierung aber würde zu Wiederholungen führen und verlangte ein zu normatives Herangehen an die Dinge.

Man sollte aber auch nicht in einen allzu harmlosen Idealismus verfallen und von der neuen Generation die Heilung all unserer Übel erwarten. Wichtig ist, daß wir – von jedem Manifest, jeder Politik oder klar erkennbaren Praxis absehend – erkennen, wie diese Ideen und diese Werte die moderne Gesellschaft verändern. Mehr als durch eine zusammenhängende oder gar mitgetragene Politik verändert das neue Denken durch Beispiel, Beeinflussung, persönliches Handeln, kollektive Bewegungen, Lebensstil und Lebensführung langsam, aber tiefgehend die Industriegesellschaft.

Was wie vereinzelt Aktionen und Modeerscheinungen aussieht, gehört ganz im Gegenteil in den umfassenden und zusammenhängenden Kontext, den ich zu schildern und zu interpretieren versucht habe.

Erkennbar ist auch das Entstehen einer neuen Religiosität, die nicht mehr auf die »offenbarte Wahrheit« gegründet ist, sondern auf eine Wahrheit, die mit dem objektiven Wissen über die Welt vereinbar ist, eine sich bildende Religion, die das Ergebnis einer kollektiven Schöpfung ist und Identität von Geist und Materie akzeptiert.

Alle die verschiedenartigen Bewegungen – die Umweltbewegung, das

Suchen nach einer Spiritualität aus den Quellen der östlichen Religionen, die Bewegung von Taizé, die *Human potential*- und die *Awareness*-Bewegung, die noch an der kalifornischen Küste in Blüte stehen – zeigen die Sehnsucht nach einer umfassenden Betrachtungsweise des Universums an, die sich verbinden läßt mit einer persönlichen Ethik und individuellem wie kollektivem Handeln.

Im Bereich von Lebensstil und Lebensführung läßt sich die Opposition am leichtesten zur Karikatur verzerren. Um die Gegensätze zu personalisieren, kann man zu seinem Vergnügen – in einer etwas einfachen und billigen Gegenüberstellung, wie ich zugebe – den »Technokraten«-Stil mit dem des »Hippie« vergleichen. Was könnte die Sache mehr verdeutlichen als diese beiden extremen Haltungen?

Geht unser Weg in eine schizophrene Welt, geteilt in Menschen, die sich mit der Mission betraut fühlen, die Welt voranzubringen, und in andere, die sie fröhlich benützen möchten? Geteilt in roboterähnliche Akteure und genießende Zuschauer? Wollen wir eine solche Spaltung vermeiden, müssen wir den tastenden Versuchen des neuen Denkens mehr Aufmerksamkeit denn je schenken. Es muß uns gelingen, mit den jungen Menschen zusammen, ohne Demagogie und ohne Paternalismus, die großen Grundlinien der Erziehung zu bestimmen, die sie brauchen, um im 21. Jahrhundert bestehen zu können.

## Erziehung zum Systemdenken

Die Ausbreitung neuer Wertvorstellungen verändert jede Einzelpersönlichkeit und wirkt gleichzeitig verwandelnd auf ihre Beziehung zu anderen wie zur Welt. Was aber setzt ihr angesichts der Forderungen einer ganzen Generation die moderne Erziehung entgegen? Begründet sie, da sie keinerlei Hilfe bietet, sich an die moderne Umwelt anzupassen, eine kulturelle Aggressivität? Oder, um mit Marshall McLuhan zu sprechen, eine »Retribalisierung«, einen Rückfall ins Stammesdenken?

Seit mehreren Jahren werden von der traditionellen Pädagogik Anstrengungen unternommen, um die Disziplinen einander anzunähern und die Schüler und Studenten stärker zur Mitarbeit zu motivieren. Indessen bieten moderne Methoden und Techniken noch nicht den globalen Ansatz, der sich auf ein Systemdenken stützt. Deshalb möchte ich in großen Linien die Grundprinzipien einer Erziehung zum Systemdenken darlegen und einige neue Ansatzpunkte vorschlagen, die auch dem traditionellen Bildungswesen integriert werden können.\*

---

\* Die Prinzipien dieses Ansatzes beziehen sich auf die verschiedenen Bildungsstufen: Grundstufe, Sekundarstufe, Oberstufe, ständige Weiterbildung oder Seniorenbildung.

## Modernisierung des traditionellen Bildungswesens

Eine Möglichkeit zur Abschätzung, was eine Systemerziehung im Verhältnis zum traditionellen Bildungswesen an Neuem bringen könnte, bietet sich, wenn man von einer extremen, fast karikierenden Position ausgeht: Das traditionelle Bildungswesen beruht teilweise auf Prinzipien und Methoden, ähnlich denen, die in Werkstätten oder Fabriken zur Steigerung der Produktivität wirksam sind. Die Arbeitsteilung wird hier durch Wissensteilung ersetzt. Damit werden die Grenzen der traditionellen Bildung deutlich, ihre beschränkten Mittel und Methoden. Dieses Bildungswesen stützt sich, sehr schematisch dargestellt, auf sieben Prinzipien, die ich mir – sehr respektlos – auf folgende Weise zu definieren erlaube:

1. Die Grundlagen: Kenntnisse, die man beherrschen muß, ehe man weiß, wozu sie uns dienen sollen.
2. Der Lehrstoff: Was sich jeder von uns in kleinen Mengen aneignen muß, um sein »Wissens-Minimum« zu erwerben.
3. Das Programm: Zeitliche Gliederung des Lehrstoffs, um die Effektivität des Erwerbs von Kenntnissen zu steigern. (Was nicht auf dem »Programm« steht, hat offensichtlich keinerlei Bildungswert.)
4. Die Dauer des Unterrichts: Theoretische Minimalzeit, die die Aneignung einer gegebenen Informationsmenge erlaubt.
5. Gleichheit: Prinzip, nach dem jeder in einer vorgegebenen Zeit die gleiche Informationsmenge erhalten muß (schlecht für die Langsameren, gut für die Schnelleren).
6. Die Aufgliederung: Ein »ratenweiser Destillierungsprozeß«, in dem jedes Schuljahr eine Stufe darstellt und durch den sich ein Individuum für sein ganzes Leben spezialisiert.
7. Das Examen: Von den Erwachsenen erfundener Initiationsritus, in dessen Verlauf der Schüler wiedergibt (um es rasch zu vergessen), was er zeitweilig behalten hat, damit er im Tausch dafür eine *Zeugnis* genannte Eintrittskarte ins aktive Leben erhält.

Ganz offensichtlich bemüht man sich in allen Ländern, diesen starren Bildungsrahmen aufzulockern; zahlreiche Initiativen verändern schon von Grund auf die traditionellen Methoden. Doch wenn man nicht global an die Sache herangeht, bleiben die verschiedenen Versuche einer Modernisierung des Bildungswesens zum Scheitern verurteilt. Hier seien einige der wichtigsten Beispiele genannt: Einführung audio-visueller Unterrichtsmittel, Pluralismus der Disziplinen, Lernmaschinen, programmierte Bücher und von Computern unterstützter Unterricht. Jedes dieser Mittel wird oft schon *an sich* als pädagogische Revolution betrachtet, die den Prozeß des Wissenserwerbs beschleunigt, *also* auch die Leistungsfähigkeit des Unterrichts. Berücksichtigt man aber die Auswirkung auf das System (das heißt in Beziehung zu allen anderen Unterrichtsformen), die jede dieser Methoden hat, bemerkt man, daß ihre Einbeziehung in einen



Bildungsprozeß, der im Grunde gleichbleibt, nicht zu der pädagogischen Revolution führt, auf die man wartete.

### **Illusionen der technologischen Pädagogik**

Die audiovisuellen Unterrichtsmittel sind nur in dem Maß von pädagogischem Nutzen, wie der Schüler selbst die Geste oder Handlung wiederholt, die er eben auf dem Bildschirm gesehen hat. Piaget hat schon seit langem darauf aufmerksam gemacht. Wissen ist keine »figurative Kopie der Wirklichkeit«, es stellt einen »operativen Prozeß« dar, der darauf hinausläuft, das Wirkliche in Aktion oder Gedanken umzuwandeln, auf die Objekte einzuwirken, um sie zu verändern. Man muß also auch im pädagogischen Bereich die Rückkopplungsschleife zwischen Beobachten und Handeln wiedererkennen, von der ich mehrmals gesprochen habe. Tut man das nicht, könnten die isoliert stehenden audiovisuellen Unterrichtsmittel nichts als ein neuer Verbalismus der Bilder sein. Um das zu vermeiden, muß der audiovisuelle Unterricht ergänzt werden, durch individuelles Handeln, Gruppenarbeit und Simulierung der Wirklichkeit. Das Ziel des Pluralismus der Unterrichtsfälle besteht theoretisch darin, die Lösung komplizierter Probleme zu ermöglichen, indem man die Erkenntnisse mehrerer Disziplinen und die Komplementarität ihrer Methoden und Techniken nutzt. Aber ohne einen systemgemäßen Ansatz, der erlaubt, die verschiedenen Beiträge jedes Faches zu dosieren und zu integrieren, geht der Fächerpluralismus nicht über ein Nebeneinander der Fächer hinaus. Echter Pluralismus der Unterrichtsfächer kann nicht durch das Zusammenfassen bestimmter Fächer auf einem Universitätsgelände oder in einem Gebäude erreicht werden. Er muß das Ergebnis einer zielgerichteten Gliederung sein, die notwendig wurde, um Probleme zu lösen. Die Erfahrung zeigt, daß die Zusammenarbeit verschiedener Fächer besser ist in der Konzeption (Konvergenz der Fächer) als in der Analyse (Divergenz der Fächer). Wenn man diese Gegebenheiten nicht berücksichtigt, »mischt« man nur Forscher verschiedener Disziplinen miteinander und denkt dann, man habe sie zur Zusammenarbeit veranlaßt. Man schafft eine desparate Organisation und kein funktionales, klug integriertes System.

Vor etwa zehn Jahren setzten die Erzieher (und die Privatfirmen) große Hoffnungen auf die pädagogische Technologie, auf programmierte Bücher, Lernmaschinen und von Computern unterstützten Unterricht. Als Folge der Arbeiten von Skinner und Crowder über programmiertes Lernen konnten die Lehrer durch die Technik linearer oder verzweigter Programme ihren Unterricht zergliedern und so ihren Schülern vorverdauten Lehrstoff ganz neuer Art vorlegen.

Doch die Benützung dieser neuen Techniken war nie so wichtig, wie es

ihre Befürworter vorhergesagt hatten. Die programmierten Bücher boten im allgemeinen wenig Anreiz, weder für die Leute, die sie herstellen mußten, noch für die Benützer. Und die Lernmaschine war zu teuer, um sie in großem Maßstab einzusetzen; zudem paßte sie schlecht zu den Arbeitsgewohnheiten der Studenten.\*

Im Prinzip stellt der Computer die ideale Fortsetzung des programmierten Buches und der Lernmaschine dar. Man kann Programme schreiben, die einen Dialog zwischen Lehrern und Schülern simulieren. Das dehnt die Reichweite programmierter Unterrichtsstunden aus und gibt ihnen größere Geschmeidigkeit. Experimente mit Computer-unterstütztem Unterricht (*Computer Assisted Instruction*) wurden seit 1960 an mehreren amerikanischen und europäischen Universitäten gemacht. Sie zeigten, daß es möglich war, den Computer zur Individualisierung des Unterrichts einzusetzen; man konnte damit ein Multimedia-Environment kontrollieren, mit Hunderten von Studenten auf einmal Verbindung halten, den Wissensstand testen, und den Studenten eventuell Texte und Artikel vorschlagen, die ihre Kenntnisse vervollständigten.

Leider stellt sich heraus, daß die Kosten eines Unterrichts mit Computer-Unterstützung bis jetzt viel zu hoch sind. Man muß feststellen, daß die in Betrieb befindlichen Systeme schon zu teuer sind, um auch nur »eine Seite in einem guten programmierten Buch umzublättern«. Zudem sind die erzielten Ergebnisse (Interesse der Studierenden, pädagogische Leistung) mehr als bescheiden. Man kann heute – abgesehen von ein paar bedeutenden Resultaten – nicht sagen, daß der computer-unterstützte Unterricht eine so vielversprechende Möglichkeit darstellt, wie man es Ende der sechziger Jahre glaubte.

Das mehr oder weniger deutliche Fehlschlagen dieser neuen pädagogischen Methoden zeigt die Dringlichkeit einer Dezentralisierung der technischen Mittel und der gesteigerten Mitwirkung der Schüler. Es wird klar, daß die neuen pädagogischen Mittel in Wirklichkeit unmittelbar in die Linie des Ex-cathedra-Unterrichts gehören und meist nur dessen technologische Abwandlung sind.

### **Worauf soll die Systemerziehung beruhen?**

Der systemgemäße Ansatz von Erziehung und Bildung kann den traditionellen nicht einfach ersetzen, noch – wie durch magische Kraft – dessen wesentliche Probleme lösen. Er ist nur eine unumgängliche Ergänzung. Aber diese Komplementarität kann nur durch eine gleichzeitige Vereinfachung

---

\* Indessen werden programmierte Bücher und Lernmaschinen auch jetzt noch gebraucht, und einige Verleger haben mit Erfolg ausgezeichnete Handbücher für ihren speziellen Gebrauch herausgebracht.

chung und Bereicherung des gegenwärtigen Bildungswesens wirksam werden.

Die Vereinfachung unserer Bildung ist nötig, denn wenn wir weitergehen auf dem analytischen Weg, gibt es (jetzt schon) *viel zu viel zu lernen*, und ihre Bereicherung ist nötig, weil der systemgemäße Ansatz, indem er die Fakten in ein zusammenhängendes Ganzes einbindet, einen konzeptionellen Bezugsrahmen schafft, der geeignet ist, den Erwerb von Kenntnissen durch die klassischen Methoden zu erleichtern.

Die Systemerziehung muß ihre Prinzipien und Methoden auch definieren, indem sie von biologischen und psychosozialologischen Grundgegebenheiten ausgeht, nicht um einen bestimmten, für alle gleichen Typ von Bildung und Erziehung aufzuzwingen, sondern um im Gegenteil den Menschen gleich welchen Alters und welchen Kenntnisstandes zu helfen, daß sie neue Informationen erwerben und sich ihrer beim Handeln wirkungsvoller bedienen können. Mir scheint besonders, daß die Systemerziehung versuchen sollte, sehr viel mehr, als man es heute tut, von den gegenwärtigen Kenntnissen über die funktionale Organisation des Gehirns und die fundamentalen Komponenten der menschlichen Natur zu profitieren.

### *Unsere »zwei Gehirne«*

Die jüngsten Forschungen über die Organisation des Gehirns machen einen starken funktionalen Unterschied zwischen den beiden Großhirnhälften deutlich: Die linke Großhirnhälfte ist für verbale Aktivitäten wie Lesen und Redebegabung zuständig, während die rechte die Wahrnehmung von Raumverhältnissen und das Wiedererkennen von Mustern ermöglicht.

Die Lösung von Problemen bringt also zwei Kategorien von Gehirnfunktionen ins Spiel, eine analytische – sie behandelt die Informationen in ihrer Abfolge – und eine intuitive – hier werden die Informationen simultan bearbeitet.

Anders ausgedrückt: Das linke Gehirn, in dem die Fähigkeiten zu lesen, zu reden und zu rechnen lokalisiert sind, ist ein Werkzeug der Analyse und der Präzision, das Organ der Logik und des Rationalen. Als Komplementäerscheinung ist das rechte Gehirn das der Integration und der Synthese. Es schafft die Möglichkeit, eine Form, eine Melodie wiederzuerkennen, koordinierte Bewegungsabläufe, wie sie Sport oder Tanz verlangen, zu kontrollieren. Es ist zuständig für das *Timing* und bestimmt das künstlerische Schöpfungsvermögen. Durch das Spiel mit Symbolen, Analogien, bildlichen Darstellungen und Modellen ist es die Grundlage der Intuition.

Man kann noch nicht erklären, warum die Evolution das Gehirn zu einer solchen Differenzierung geführt hat. Was man aber feststellt, ist die Tatsache, daß unsere Bildung und Erziehung völlig disproportioniert unsere linke Großhirnhälfte vor der rechten zu begünstigen scheint, das

heißt, das analytische Denken wird dem Systemdenken, das rationale dem intuitiven Denken vorgezogen.

### *Der mehrdimensionale Mensch*

Die menschliche Natur äußert sich in den vier folgenden Grundkomponenten: der biologischen (deren Einheit der Organismus ist), der intellektuellen (deren Einheit die Persönlichkeit ist), der sozialen (deren Einheit der Staatsbürger ist) und der symbolischen (deren Einheit das Wesen ist). Diese vier Komponenten sind integriert in die Totalität, die der mehrdimensionale Mensch darstellt. Auch diese Vielfalt der menschlichen Dimensionen muß die Systemerziehung berücksichtigen.

## **Prinzipien der Systemerziehung**

Wie kann man in der Praxis die Grundregeln einer Systemerziehung entwickeln und dann anwenden?

### *Ein Modell*

Mir diene zur Entwicklung solcher Prinzipien ein Experiment als Modell, das *Unified Science Study Program* (USSP), das im MIT von 1967 bis 1972 durchgeführt und das dann an zahlreichen amerikanischen Universitäten wiederholt wurde. Wir haben als Angehörige des Lehrkörpers daran teilgenommen. Die »Versuchskaninchen« waren Freiwillige, achtzehnjährige Studenten im ersten Universitätsjahr. Das Neuartige ist folgendes: Die Studenten lernen die grundlegenden Fächer (Mathematik, Physik, Chemie, Biologie, Humaniora) ausgehend von einem pluridisziplinären Projekt, das auf einer zusammengesetzten Liste von der fünfzehn Personen umfassenden Mannschaft der Lehrkräfte ausgewählt wurde. Der Student legt sich seinen eigenen Plan für bibliografische Nachforschungen und eventuelle Laborversuche zurecht. Die Stunden werden in Zusammenarbeit mit den Lehrkräften vorbereitet. Bestimmte Schüler unterrichten andere. Offizielle Prüfungen gibt es nicht. Der Studierende kann seine Kenntnisse nach freier Wahl auf folgende vier Arten kontrollieren lassen: Er verfaßt einen Bericht (Mini-Dissertation); er läßt sich schriftlich oder mündlich befragen; er erstattet einen Rechenschaftsbericht vor den Lehrkräften und den Mitschülern; er legt einen »Studien-Antrag« (*Proposal*) vor, in dem er das nötige Material und die für eine Fortsetzung der Forschungen erforderliche Unterstützung rechtfertigt.

Das Programm ist in fünf wechselseitig voneinander abhängige Ebenen aufgeteilt: Atom- und Molekular-Systeme sowie biologische, soziale und ökologische Systeme. Die Dynamik dieser Systeme wird durch Simulation und Spiele gelehrt, die Fakten durch Selbstunterrichts-Techniken (Quiz, Selbstunterrichts-Führer). Den Studierenden steht ein »trockenes« Labor



(für Physik) und ein »nasses« (für Chemie und Biologie) zur Verfügung. Schließlich ist jede Woche ein Tag dem erneuten Überdenken des Programms gewidmet, dem sich Lehrkräfte und Studierende gemeinsam unterziehen.

### *Die fünf Grundprinzipien*

Der allgemeine Ansatz der neuen Bildung und Erziehung ist offensichtlich der auf das System zielende, wie er im zweiten Teil behandelt wurde. Ich möchte hier nur einige praktische Einzelheiten hinzufügen, die namentlich in den ersten, mehr pädagogisch orientierten Kapiteln angewandt wurden.

1. Man vermeide den linearen oder auf Sequenz gerichteten Ansatz. Traditionell geht man so vor, daß man A genau beschreibt, so daß man B verständlich macht, was wiederum in allen Einzelheiten betrachtet wird, damit man C erörtern kann. Man weiß nicht, worauf der Lehrer hinaus will, man hofft nur, daß es später einmal von Nutzen sein wird.

Der systemgerichtete Ansatz in der Erziehung geht dagegen mehrmals, *aber auf verschiedenen Ebenen*, auf das ein, was verstanden und sich zu eigen gemacht werden soll. Man erörtert den zu lehrenden Stoff in sukzessiven Annäherungen, indem man wie in einer Spirale vorgeht: Man betrachtet das Ganze des Gegenstandes erst einmal von allen Seiten, um es abzugrenzen, die Schwierigkeiten und unbekannten Seiten abzuschätzen. Dann kommt man detaillierter darauf zurück, auch auf die Gefahr hin, daß man sich wiederholt.

2. Man sollte sich vor zu präzisen Definitionen hüten, sie könnten die Einbildungskraft ausdörren und zur Polarisierung führen. Ein Begriff oder ein neues Gesetz müssen unter verschiedenen Blickwinkeln untersucht und in andere Zusammenhänge gestellt werden. Das führt dazu, daß sich die Begriffe durch indirekte Einsichten gegenseitig bereichern und daß man eine Definition nicht mechanisch anwendet.

3. Es ist nötig, die Bedeutung der wechselseitigen Kausalität, der Interdependenz und der, komplizierten Systemen eigenen, Dynamik herauszuarbeiten, wobei man sich auf die Fächer stützt, die wie Biologie, Ökologie oder Volkswirtschaft Zeitdauer und Irreversibilität integrieren. Schon auf der Elementarstufe könnten die Grundlagen der Systemerziehung durch die in diesen Fächern verwandte Schilderungs- oder Denkmodelle dargestellt werden, komplementär zur Mathematik, Physik und Chemie des traditionellen Unterrichts.

4. Man greife zu Themen mit vertikaler Integration. Dabei handelt es sich um Themen, die es ermöglichen, mehrere Fächer und verschiedene Stufen der Komplizierung um eine Mittelachse zu gruppieren. Eben dies habe ich in den Kapiteln über die Energie, die Information und die Zeit versucht. Man kann jedoch je nach dem Kenntnisstand auch konkretere Themen verwenden.



5. Schließlich kann der Erwerb von Tatsachenwissen nicht getrennt werden vom Verständnis der Beziehungen, die zwischen den Tatsachen bestehen. Dieses Prinzip gilt für alle Stufen von Unterricht und Bildung; nur die Mittel ändern sich und passen sich dem Kenntnisstand an.

## **Grundmethoden: Selbstunterricht und Simulation**

Die erste goldene Regel lautet: Der Schüler soll sich die Tatsachen nach *seinem eigenen Arbeitsrhythmus* aneignen. Das heißt, daß er sich selbst unterrichtet. Man kann dazu »Selbstunterrichts-Modulen« verwenden (die Fragen und Antworten umfassen, aber anders als in den programmierten Büchern, denn hier ist es möglich, geschmeidiger vorzugehen) oder auch von Computern unterstützte Lehrprogramme, die sich auf ein genau festgelegtes Verfahren spezialisiert haben.

Der Erwerb der Elementarkenntnisse wird ergänzt durch Mittel, die ganz einfache Experimente möglich machen: Dias oder Kurzfilme, die mit einem auf Kassetten aufgezeichneten Text synchronisiert sind, Spiele und Modelle, das Ganze in Multimedia-»Pakete« zusammengefaßt. Die audiovisuellen Medien haben also durchaus ihren Platz in diesen Paketen, sind aber in ein vollständiges pädagogisches System eingeordnet.

Die zweite goldene Regel lautet: *Interaktion*. Das vorzugsweise dafür benutzte Mittel ist die Simulation. Es geht darum, ein Modell der Wirklichkeit nachzubauen und es so funktionieren zu lassen, als ob es einen der Aspekte dieser Wirklichkeit wiedergäbe. In der Erziehung kann die Simulation verschiedene Formen annehmen.

*Die nicht interaktive Simulation\**: Darunter versteht man Filme, vor allem Zeichentrickfilme, die es erlauben, Bewegungselemente eines komplizierten Prozesses darzustellen. Ein speziell dafür ausgestatteter Computer macht die Herstellung solcher Trickfilme möglich. Man stellt eine *Synthese* der Bilder her und muß nicht die Wirklichkeit filmen. Diese Computer-Trickfilme werden in den kommenden Jahren wahrscheinlich beträchtliche pädagogische Auswirkungen haben.

*Simulationsspiele*: Pädagogische Spiele, mit oder ohne Computer-Unterstützung, stellen eine der Grundmethoden der Systemerziehung dar. Ein Spiel kann – sehr allgemein – als eine Aktivität definiert werden, die zwischen zwei oder mehreren Personen abläuft.

Das pädagogische Spiel der Simulation kann verschiedene Formen annehmen, von den Spielen im Pappkarton bis zu dem Spiel, wie man in einem Betrieb einen Computer in Gang setzt. Im letzteren Fall übernimmt jeder Spieler eine Rolle, die einer tatsächlichen Stellung entspricht: Chef des

---

\* Die Herstellung pädagogischer Filme durch Studierende kann als eine bestimmte Form interaktiver Simulation angesehen werden.

Unternehmens, kaufmännischer Direktor, Werkmeister und so weiter. Er entwickelt Strategien, verhandelt mit anderen, setzt sich mit ihnen zusammen und faßt Entschlüsse.

Während sich der klassische Unterricht auf die Ereignisse selbst konzentriert, stellt das Simulationsspiel ein ideales Mittel dar, um das Wahrnehmen dynamischer Beziehungen zwischen den Einzelelementen eines komplizierten Systems zu erleichtern. Es ist sehr schwer, wenn nicht unmöglich, die gleichzeitigen (voneinander abhängigen) Interaktionen in Worten zu schildern, seien sie nun gesprochen oder geschrieben. Viel leichter fällt es, wie man weiß, die Regeln eines Spiels (wie Rugby oder Bridge) zu begreifen, wenn man zugeesehen hat, wie andere Leute es spielten, oder versuchte, selbst mitzuspielen.

Simulationsspiele schulen die Fähigkeit, komplizierte Probleme intuitiv zu lösen, Antagonismen wahrzunehmen, Konflikte, Kräfteverhältnisse und Blockierungen zu erkennen. Die Möglichkeit, ein Spiel zu entwerfen und zu realisieren, bringt auch große pädagogische Vorteile. Man wird veranlaßt, im voraus eine Analyse des Systems durchzuführen und dann ein Modell zu schaffen. Als Folge davon müssen die Variablen untereinander in Verbindung gebracht werden: Man muß nach ihren Grenzen und den Auswirkungen ihrer Zwischenbeziehungen fragen.

*Simulation über Computer:* Wo sie möglich ist, stellt sie die unentbehrliche Ergänzung zum Erwerb von Tatsachenwissen dar. Ihre wichtigsten Vorteile wurden bereits erwähnt. Die Erfahrung zeigt, daß die Studierenden, die das Modell eines von ihnen bearbeiteten Systems zu realisieren haben, wie im Spiel dazu gebracht werden, sich die »richtigen Fragen« zu stellen, nämlich nach den Variabilitätsgrenzen der Parameter des Systems oder nach der Präzision der Grunddaten, die in das Modell eingebracht werden. Daraufhin werden sie diese Daten in Fachbüchern suchen, während sie sich durch das traditionelle Vorgehen – eine Sammlung von getrennten Regeln und Fakten zu erlernen, ohne sie *zuerst* anwenden zu müssen – nicht »motiviert« fühlten. Die Realisierung eines Modells und das Aufstellen eines Simulationsprogramms sind also pädagogisch besonders wirksam, vor allem, wenn die Programmiersprache und die benützten Symbole einfach sind.

## Öffnung zur Welt

### *Ausbildung zu eigenem Schaffen*

Es geht vor allem darum, die jungen Menschen etwas schaffen zu lehren, und nicht, ihnen beizubringen, wie man getreulich etwas von anderen Geschaffenes neu kopiert. Es geht auch darum, sie zum Verständnis dafür zu bringen, welche Rolle die Zeitspanne spielt, die in das neue Werk integriert ist und ihm seine Einmaligkeit und seinen Wert verleiht. Die

traditionelle Erziehung vernachlässigt allzu oft diesen äußerst wichtigen Punkt: Es gibt kein echtes Erschaffen von Originalem ohne Integration von Zeit.

Die künstlerischen Fächer eignen sich natürlich besser für schöpferische Aktivität als Naturwissenschaft oder Technik, wo es schwieriger ist, etwas ganz Neues zu schaffen. Die traditionellen Künste wie Malerei, Musik und Dichtung gehören auch jetzt in die Lehrpläne, aber der Akzent liegt hauptsächlich auf treuer Nachbildung und nicht so sehr auf dem Prozeß künstlerischen Schaffens.

Andere, modernere Formen der Kunst, wie Fotografie, Film, Montage von Tonbändern, die zu Dias oder Filmen synchronisiert werden, können den Schülern ebenfalls die Möglichkeit geben, Schauspiele oder Originalprogramme zu schaffen. Schließlich entwickeln auch Tanz, Choreografie, Theaterinszenierung und alle Formen von Kunsthandwerk den Sinn für Harmonie von Bewegungen und Formen, den Sinn für *Timing*, Genauigkeit und Sicherheit der Gesten. Diese Betätigungen bringen die Rolle des »rechten Gehirns« wieder ins Gleichgewicht zu der des »linken Gehirns«.

*Die Verknüpfung mit dem Leben:* Die Erziehung muß auch die Mittel an die Hand geben, das Gelernte in der unmittelbaren Umwelt einzuordnen. Die Tatsache, daß man die neu erworbenen Kenntnisse wieder in ihren menschlichen, sozialen oder wirtschaftlichen Kontext stellen kann, verstärkt den Sinn für Verantwortung und gesellschaftliche Nützlichkeit. So schafft man neu die Verbindung von rohem Tatsachenmaterial und der Umwelt, die ihr erst Bedeutung gibt und sie, wie Piaget sagen würde, »operativ« macht.

Die Sorge um die Verbindung zwischen Theorie und Praxis setzt sich schon in mehreren Universitäten und einer steigenden Zahl von Ländern in ein Programm um, die sogenannte »alternierende Ausbildung«. Im Verlauf der für den Erhalt ihrer Diplome nötigen Studienjahre arbeiten die Studenten immer wieder als besoldete Praktikanten in der Industrie und kehren dann an die Universität zurück, um ihre Kenntnisse zu vervollständigen.

Andere Experimente, vor allem in Kanada und Frankreich, versuchen Gymnasiasten die Gelegenheit zu verschaffen, daß sie mit Hilfe eines leichten Fernsehaufnahmegeräts Dokumentarberichte oder aktuelle Reportagen für die örtlichen Sender oder das Kabelfernsehen herstellen können.

*Lehren, um besser zu lernen:* Es ist eines der sichersten Mittel, Schüler zum Verstehen eines neuen Stoffs zu bringen, wenn man sie selbst *an die Stelle der Unterrichtenden* treten läßt. So bringen sie anderen, jüngeren – manchmal auch älteren – Schülern die Grundkenntnisse ihres Lehrstoffs bei, und auf diese Weise kann Bildung zum »Schneeballsystem« übergehen.

Das gegenseitige Unterrichten kann auch durch einen ziemlich eigenartigen Unterricht ersetzt oder ergänzt werden, nämlich durch den, der einer Maschine zugedacht ist. Wenn nämlich ein Schüler ein (wenn auch sehr einfaches) Programm für einen Computer (eine sehr »absurde« Maschine, die man allen erklären muß) schreibt, ist er gezwungen, zu vereinfachen und zu spezifizieren, gleichzeitig aber auch die Daten, Regeln und Einschränkungen, die er besorgt und der Maschine eingibt, zu verallgemeinern. Abstrakte Begriffe, die oft schwer zu assimilieren sind, erhalten ihre volle Bedeutung in dem Augenblick, da der Schüler dazu gebracht wurde, sie einen Computer zu »lehren«, indem er ihn programmierte.

Der neue Weg versucht also, die Richtung des Wissensflusses, der herkömmlicherweise vom Lehrer zur Klasse ging, umzukehren: Es liegt bei den Schülern, ihre Kenntnisse, ausgehend von den vom Lehrer gelieferten Elementen, zu gliedern und zu ordnen. Heute dagegen ist es paradoxerweise so, daß der Lehrer den kreativsten Teil der Arbeit tut, wenn er die Elemente seines Unterrichts zusammenstellt und gliedert. Seine Schüler befinden sich in der wenig angenehmen Situation, die Bruchstücke wieder zusammensetzen zu müssen, und das so getreu wie möglich.

### **Mögliche Strukturen paralleler Erziehung**

Die Struktur des heutigen Bildungswesens gleicht einem Baum: Man erwirbt die unumgänglichen Grundkenntnisse, indem man einem »gemeinsamen Stamm« folgt, dann spezialisiert man sich und sucht einen Beruf. Jeder Weg zurück ist unmöglich oder zumindest sehr schwierig.

Die Struktur einer systemgerichteten Bildung wäre einer Pyramide ähnlich. Man würde an der Spitze beginnen, mit dem Allgemeinen, dem Intuitivsten, dem, was für die Elementarbildung des einzelnen die größte Gemeinsamkeit bietet. So könnte man in großen Linien den Endzweck seiner eigenen Ausbildung bestimmen und würde zur Basis der Pyramide fortschreiten, um die wichtigsten Kenntnisse zu erwerben. Schließlich könnte man das erworbene Wissen in Aktion (oder die Simulierung der Aktion) reintegrieren.

Sind die zentralisierten Strukturen des gegenwärtigen Unterrichtswesens für eine solche Umwälzung geeignet? Und über welche Mittel könnte man neben den traditionellen verfügen?

*Gegenseitiges Unterrichten:* Man kann jedes Individuum als Knotenpunkt in einem Kommunikationsnetz und als potentielle Quelle besonderen Wissens oder besonderer Fertigkeiten ansehen. Gegenseitiges Unterrichten auf den verschiedenartigsten Gebieten könnte nur in kleinen, von den Benützern selbst organisierten Gemeinschaften entwickelt und angewandt werden, etwa in Kultur- und Freizeit-Clubs, in Betriebsgruppen oder Seniorenvereinen.



*Die »Universität ohne Mauern«:* Für viele Menschen, die sich weiterbilden oder wiedereingliedern wollen, ist sie schon eine Wirklichkeit. Der Weg dazu wurde durch die *Open University* in England freigemacht. Die Entwicklung des Kabelfernsehens und der Videokassetten wird zweifellos einen Bildungsprozeß verstärken, der schon jetzt Ergebnisse zeitigt und sich in mehreren Ländern ausbreitet. In kalifornischen Städten zum Beispiel gibt es Lokalzeitungen, die vollständiges Unterrichtsmaterial veröffentlichen, für dessen Studium die »Studenten« eine Art Gutschriften bei der nächsten Universität erhalten oder Examina ablegen können.

*Freier Zugang zum Wissen:* Man kann das Konzept der »freien Dienstleistung« auf das gesamte Bildungsmaterial ausdehnen. Man braucht nicht zu warten, bis (vielleicht) Computer-Datenbanken für den öffentlichen Gebrauch in Dienst gestellt werden und Systeme für Spezialinformationen zur Verfügung stehen. Die traditionellen Bibliotheken funktionieren schon auf diese Weise. Doch manche Universitätsbibliotheken, vor allem in den Vereinigten Staaten, werden vervollständigt durch ein audiovisuelles Dokumentationszentrum, wo man in Übereinstimmung mit den Programmen und Vorlesungen Diapositive, Kurzfilme, Modelle und Spiele finden kann. Ein solches Zentrum verwandelt sich in ein *Learning center*, wenn der Studierende an Ort und Stelle die Möglichkeit nutzt, die Filme oder Dias seiner Wahl zu projizieren.

*Eine andere Form von freiem Zugang:* Das Informationszentrum mehrerer Universitäten und technischer Colleges in den Vereinigten Staaten und seit einiger Zeit auch in Europa verwandelt sich allmählich in ein *Open House*. Die Computer der Sparte Informatik stehen den Studenten zusätzlich zu den üblichen Vorlesungszeiten auch nachts und an Wochenenden zur Verfügung. Die Studenten bilden sich so an Ort und Stelle sowohl in Informatik als auch in den sie benützenden Disziplinen weiter. Sehr wichtig in diesem Zusammenhang ist die Rolle der erfahreneren Studenten, denen die »Novizen« ihre Fragen stellen. Diese Ausbildung ist empirisch, die Theorie kommt später, der wie ein Katalysator wirkende Computer beschleunigt die Aneignung (und vor allem die Integration) der Kenntnisse in einer größeren Gesamtheit.

Warum sollte man nicht so weit gehen und wirkliche kommerzielle Selbstbedienungsläden für Bildungsmittel vorschlagen? Man würde dort wie in einem Supermarkt seinen Korb füllen, aber statt Nahrungsmitteln oder Waschpulver Bildungs-»Packungen« einfüllen, die Bücher, Zeitschriften, Modellspiele und audiovisuelles Material enthielten.

*Die sofortige Antwort:* Die unmittelbare Wechselwirkung macht es möglich, durch Rückkopplung aus Versuchen und Irrtümern zu lernen. Das hat zur Entwicklung und Indienststellung von Systemen der Interrogation, der Kommunikation und der Partizipation geführt, die verschiedenen Umweltbedingungen angepaßt sind. Seit mehreren Jahren gibt es Klassenzimmer, die mit Antwortsystemen ausgestattet sind. Sie werden durch



eine Reihe von Knöpfen auf den Tischen der Schüler in Gang gesetzt. Jede Taste entspricht der Antwort auf eine Frage des Lehrers, die mehrere Erwidierungen zuläßt. Alle Antworten (und bei manchen Apparaten auch die dafür benötigte Zeit) erscheinen auf einer Tafel auf dem Schreibtisch des Lehrers.

*Bildungsparks:* Sie könnten von den Stadtverwaltungen in Gemeinschaft mit privaten Gesellschaften eingerichtet werden. Nach dem Vorbild von zoologischen Gärten oder Naturparks, wo die Tiere in Freiheit leben, wären diese Parks eine Weiterentwicklung der »Naturkundemuseen« oder jener Museumsabteilungen, die den Entdeckungen gewidmet sind. Die Jugend könnte hier Unterhaltung finden und gleichzeitig die Natur beobachten und sich an Experimenten beteiligen. Derartige Parks hätten das Ziel, das rein fachliche Herangehen zu vermeiden und die exakten Wissenschaften an die Humanwissenschaften und die Technik anzunähern.

*Die Rolle des Betriebs:* Hier findet hauptsächlich die Berufsausbildung statt, hier wird aber auch ständige Weiterbildung verlangt, und wahrscheinlich wird die Systemerziehung auf der Ebene des Betriebs schneller als anderswo einen bevorzugten Platz einnehmen. Das umfassende Modell, das ein Betrieb selbst darstellt, bietet sich besonders für die Schilderung und Aneignung von systemgemäßen Grunddaten an. Es geht nicht darum, eine neue Fachrichtung hinzuzufügen (wie Informatik oder Marketing), sondern darum, wie man die vielfältigen Informationen, die permanent aus der Umwelt, in der man lebt, eintreffen, zusammenbringt, integriert und in eine Rangordnung stellt.

Zahlreiche Ausbildungsseminare ziehen jetzt schon das Personal der Betriebe an. Vielleicht sollte man versuchen, von den Möglichkeiten zu profitieren, die die gleitende Arbeitszeit bietet? Eine besondere Karte, analog zu der, die man heute in fast allen Betrieben in Stechuhren steckt, würde den Betriebsangehörigen ermöglichen, sich ein »Fortbildungsguthaben« anzulegen. Dafür würden sie zu von ihnen ausgewählten Zeiten (während des Frühstücks oder Stunden geringer Beschäftigung) an Kursen teilnehmen, die ständig in betriebseigenen Räumen stattfinden. Diese Bildungs-»Kantine« ist heute möglich durch audiovisuelle Unterrichts-Modelle.

*Die Senioren-Universitäten:* In einer Wachstums- und Konsumgesellschaft ist wenig Platz für ältere Menschen. Der Wert »Jugend« hat den Vorrang vor der Erfahrung der Alten. Die Ablehnung und Verdrängung des Todes zieht die Ablehnung des Alters nach sich. Aber all das kann sich in einer Gesellschaft mit stationärer Bevölkerungszahl und Volkswirtschaft ändern. Der Rückgang der Geburtenrate, den man in den entwickelten Ländern feststellt, verändert schon die Alterspyramide und führt zu einem Anwachsen der Bevölkerung im Seniorenalter. Als Folge des Aufkommens neuer Werte in einer Gesellschaft mit stationärer Volkswirtschaft

(wie Achtung vor der Erfahrung, vor dem, was durchhält und fortbesteht) kann man sich darauf gefaßt machen, daß die Senioren ihre Stellung in der Welt von morgen stärken und vielleicht wieder die Ausstrahlung haben werden, die sie in der antiken Gesellschaft hatten oder in den sogenannten primitiven Gesellschaften heute noch haben.

Statt des offenen Konflikts zwischen den Generationen, wie er heute die Regel ist, kann man vielleicht eine nie dagewesene Zusammenarbeit zwischen Jungen und Alten erwarten und sich darauf vorbereiten. Wenn der Geist Zeit hat zu Reflexion und Synthese, öffnet er sich allgemeinen Vorstellungen und umfassenden Gedankengängen leichter. Und damit ist gesagt, welche Rolle die Senioren-Universitäten schon heute spielen könnten: Sie könnten zu einer besseren Verteilung der Macht in einer ausgewogenen Gesellschaft führen.



# Szenario einer neuen Welt

## Warum ein Szenario?

Ich möchte, daß dieser letzte Teil einen Zugang zur Zukunft eröffnet und kein Abschluß ist. Die gesamte Kritik, alles grundsätzliche In-Frage-Stellen eines Gesellschafts-Typus und der Wertskala, die damit verbunden ist, muß in einen neuen Entwurf münden. Wie soll man die großen Züge dieser Gesellschaft hinter den tastenden Versuchen einer sozialen Neuordnung, hinter den Erfahrungen, Erfolgen und Rückschlägen, deren Zeuge wir sind, erkennen? Und vor allem, unter welchem Aspekt soll man einen solchen Entwurf formulieren und vorstellen?

Ich schlage vor, die wichtigsten Themen der vorhergehenden Kapitel in geraffter Form zusammenzufassen. Es gibt mehrere Arten vorzugehen: Man kann bestimmte klassische Methoden der Zukunftsbetrachtung anwenden und versuchen, einen Aspekt der künftigen Gesellschaft im einzelnen zu beschreiben, etwa indem man einige der hervortretendsten Tendenzen extrapoliert. Oder man geht prospektiv vor, man betrachtet die Gegenwart von einer wünschenswerten Zukunft her, um schon heute die »zukunftssträchtigen Fakten« auszusuchen.

Man kann auch versuchen, die wichtigsten Themen, die ich vorgebracht habe, den großen Strömen des gegenwärtigen Denkens entgegenzustellen, und kann dabei rein deskriptiv vorgehen – die objektivste Methode, die es gibt. Man kann aber auch eine normative Haltung einnehmen und den Entwurf nach persönlicher Meinung oder einer Ideologie ausrichten.

Und jenseits von normativ und objektiv gibt es noch die Kunstprodukte von Science-fiction, Politic-fiction oder die Utopie. Alle diese Methoden sind den Planern und Futurologen wohlbekannt und werden weidlich genutzt.

In Anbetracht des Zieles jedoch, das ich erreichen möchte, gibt es eine Art, die alle Methoden vorteilhaft zu kombinieren scheint, die »Szenario«-Methode.

Sie beruht auf folgendem Prinzip: Das Künftige ist in seiner Totalität keine gegebene Größe, es kann nur bestimmt werden durch die Entscheidungen der Menschen, die sich daranmachen, ihre Zukunft zu bauen. Es gibt also eine unendliche Zahl von möglichen »Zukünften«. Ein Szenario

ist nichts anderes als die mehr oder weniger detaillierte Schilderung einer dieser Zukunftsmöglichkeiten, es dient dazu, die Situation zu klären und die Entscheidungen zu erleichtern.

Aber ein Szenario beschreibt nicht wahrscheinliche Entwicklungen, nicht einmal, was möglich ist, denn zwischen dem Wahrscheinlichen und dem Möglichen sind ebenso der politische Wille wie der Zufall, die Katastrophe, die Weltkrise oder die Revolution denkbar. Ein Szenario beschreibt Verhältnisse, wie sie sein könnten, Verhältnisse, die in einem gegebenen Kontext und als Folge dessen, was man von den Entwicklungstendenzen der wichtigsten Elemente des zu untersuchenden Systems weiß, plausibel sind. In dieser Hinsicht ist das Szenario dem Spiel verwandt, man tut so, »als ob« diese Schilderung realisierbar sei und setzt sich in Beziehung zu ihr.

Jedes Szenario ist ein wenig tendenziös, auch dieses hier, vor allem, weil es hier allein steht, während die Regel an sich verlangt, daß man mehrere Szenarios vergleicht (zum Beispiel Fortsetzung des wilden Wachstums; ein kurzes Bremsen, aber Weiterführen der gegenwärtigen Entwicklung; Katastrophen; Weltwirtschaftskrise; Konflikte und so weiter). Aber ein solches Vergleichen wäre zu lange, weiterhin ist das Szenario tendenziös, weil sich darin mehrere Ideen, Vorschläge und Thesen wiederfinden, die ich in diesem Buch vortrage und verteidige. (Es wird übrigens jedem leicht fallen, sie zu erkennen und zu kritisieren.) Es ist meine Absicht – das sage ich noch einmal –, zum Nachdenken anzuregen, nicht jemand meine persönliche Meinung aufzudrängen. Und damit die Einbildungskraft des Lesers frei bleibt, ist das Szenario absichtlich als ein etwas trockenes Gerippe konzipiert: Ich stelle es vor in Form von Notizen, die ein Journalist an ein großes Nachrichtenmagazin schickte. Es steht jedem frei, sich Details dazu auszumalen.

Zu welcher Zeit spielt das Szenario? Ich glaube nicht, daß es nötig oder möglich ist, das genau zu sagen. Manche Verhältnisse, die es beschreibt, konnten schon vor dem Ende der siebziger Jahre eintreten, andere nicht vor der Jahrhundertwende – und das im Bereich der sogenannten Industrieländer.



# Notizen über eine »Reise in den Ökosozialismus«

(12. August bis 15. Oktober 8 n. K.)\*

Ökosozialismus, Ökogesellschaft, Ökobürger, Ökokommunikationen, Ökogesundheit, Ökoparlament . . . Es handelt sich hier nicht um einen neuen »Ökokultus«! Die Vorsilbe »Öko« symbolisiert die enge Verbindung von Ökonomie und Ökologie und akzentuiert die Beziehungen zwischen den Menschen ebenso wie die Beziehungen zwischen den Menschen und dem, was sie ihr »Haus« nennen, die Ökosphäre.

Beim ersten elektronischen Referendum, das über individuelle Terminals ablief, bevorzugten die Ökobürger vor jeder Nationalhymne ein Zitat von Dennis Meadows (einem amerikanischen Universitätslehrer, der 1971 die Aufmerksamkeit darauf gelenkt hatte, daß es notwendig sei, das Wachstum zu begrenzen).

»Nach zwei Jahrhunderten Wachstum sind Natur- und Sozialwissenschaften von Voreingenommenheiten belastet und teilweise blind. Es gibt zur Zeit keine Wirtschaftstheorie einer auf Technologie gegründeten Gesellschaft, in der die Zinsraten auf Null zurückgehen, das Produktivkapital nicht zur Akkumulierung tendiert und die Hauptsorge der Gleichheit und nicht so sehr dem Wachstum gilt. Es gibt keine Soziologie des Gleichgewichts, die sich für die sozialen Probleme einer stabilisierten Gesellschaft interessiert, in der Männer und Frauen mittleren Alters die Mehrheit bilden. Es gibt keine politische Wissenschaft des Gleichgewichts, die uns aufklären könnte über die Möglichkeiten, demokratische Entscheidungen zu praktizieren in einer Gesellschaft, in der kurzfristiger materieller Gewinn nicht mehr das Kriterium politischen Erfolgs ist. Es gibt keine Technologie des Gleichgewichts, die der Wiederverwendung der Materie in allen Formen, der Nutzung der Sonnenenergie, die umweltfreundlich ist, der radikalen Reduzierung des Material- wie des Energiestroms absolute Priorität gibt. Es gibt keine Psychologie des Stabilitätszustandes, die ermöglichen würde, daß der Mensch ein neues Bild seiner selbst und andere Motivationen findet in einem System, in dem die materielle Produktion konstant und ausgewogen ist im Hinblick auf die begrenzten Ressourcen der Erde.

Das wäre die große Herausforderung an jedes unserer Wissenschaftsfächer: den Entwurf einer Gesellschaft ausarbeiten, die ihre materiellen Triebfedern und ihre Anziehungskraft im Stadium des Gleichgewichts

---

\* n. K.: »nach der Krise«, das heißt der weltweiten Wirtschaftskrise.

findet. Die Aufgabe wäre belastet mit technischen und konzeptionellen Schwierigkeiten; dadurch wären Lösungen nicht nur befriedigender für den Intellekt, sondern auch von ungeheurem Nutzen für die Gesellschaft.«

Der Aufstieg der Ökogesellschaft spielte sich in drei großen Etappen ab, die jeweils auf einem Typus der Volkswirtschaft beruhten, der einer gegebenen Umwelt entsprach: Volkswirtschaft des *Überlebens* (primitive Gesellschaft), Volkswirtschaft des *Wachstums* (Industriegesellschaft) und Volkswirtschaft des *Gleichgewichts* (nachindustrielle Gesellschaft oder Ökogesellschaft).

Die Volkswirtschaft des Gleichgewichts (oder stationäre Volkswirtschaft), die für die gegenwärtige Ökogesellschaft charakteristisch ist, bedeutet nicht, wie manche Leute Ende der siebziger Jahre glaubten, ein »Null-Wachstum«. Die Einschränkung der Wahl auf »Wachstum um jeden Preis« oder »Aufhören des Wachstums« war wahrscheinlich auf den überwiegenden Gebrauch einer ausschließenden Logik zurückzuführen, wie sie jener Zeit eigen war und jede Nuancierung oder Komplementarität vermissen ließ. Später merkte man, daß die eigentliche Frage nicht lautete: »Wachsen oder nicht wachsen?«, sondern eher: »Wie kann man die Wirtschaft so *neu orientieren*, daß sie *gleichzeitig* den menschlichen Bedürfnissen, der Erhaltung und Entwicklung des gesellschaftlichen Systems und dem Bemühen um echte Zusammenarbeit mit der Natur dient?«.

Die Volkswirtschaft des Gleichgewichts, die für die Ökogesellschaft kennzeichnend ist, ist also eine im kybernetischen Sinn des Wortes »regulierte« Wirtschaft. Gewisse Wirtschaftszweige können Phasen des Wachstums durchlaufen, andere werden in dynamischem Gleichgewicht gehalten und wieder andere bei einer »negativen« Wachstumsrate. Das »Gleichgewicht« der Wirtschaft resultiert aus der Harmonie des Ganzen. Dieser stationäre Zustand ist – was auch für das Leben gilt – ein *kontrolliertes Ungleichgewicht*.

Ein im Verlauf der siebziger Jahre vorgeschlagenes Gesellschaftsmodell war der Ökogesellschaft sehr nahe: die »genossenschaftliche« Gesellschaft Ivan Illichs. Aber auch dieses Modell tritt zurück, wenn man bestimmte Aspekte in Betracht zieht, die ich gleich schildern werde. Zuerst sei daran erinnert, was nach Ivan Illich die beiden Grundbegriffe genossenschaftliches und radikales Monopol bedeuten.

»Konvivial nenne ich eine Gesellschaft, in der das Werkzeug im Dienst des der Kollektivität integrierten Menschen und nicht im Dienst eines Korps von Spezialisten steht. Genossenschaftlich ist die Gesellschaft, in der der Mensch das Werkzeug kontrolliert.

Den Menschen, der seine Freude und sein Gleichgewicht im Gebrauch

des genossenschaftlichen Werkzeugs findet, nenne ich nüchtern . . . Diese Nüchternheit hat nichts von Isolierung und Enge an sich. Für Aristoteles wie für Thomas von Aquin ist sie die Grundlage der Freundschaft.

Ein radikales Monopol bildet sich, wenn die Leute ihre angeborene Fähigkeit, etwas für sich oder andere zu tun, aufgeben im Tausch für etwas »Besseres«, das nur ein beherrschendes Werkzeug für sie produzieren kann . . . Diese Herrschaft des Werkzeugs sorgt für obligatorischen Konsum und schränkt sogleich die Autonomie der Person ein. Hier ist eine besondere Art von gesellschaftlicher Kontrolle, verstärkt durch den obligatorischen Verbrauch einer Massenproduktion, die nur die großen Industrien sichern können.«

Doch Illich scheint in seinem Modell bestimmte Techniken unterschätzt zu haben, deren Entwicklung weder durch Krisen noch durch Regimewechsel verlangsamt wurde: *das explosionsartige Anwachsen der Telekommunikation, die Miniaturisierung und Dezentralisierung der Informatik und die Tatsache, daß der Mensch bestimmte Naturvorgänge, besonders in der Biologie und der Ökologie, beherrschen lernte.*

Die Telekommunikationen und die Mikroinformatik haben es ermöglicht, dezentralisierte Netze »verteilter Intelligenz« zu schaffen, die von den Benützern selbst kontrolliert werden. Diese Fortschritte wurden möglich durch eine engere Verbindung zwischen menschlichem Gehirn und Computer; diese auf dem Wiedererkennen von Stimme, Schrift oder Formen beruhende und auch einen mündlichen Dialog umfassende Verbindung verwandelte nach und nach den Computer in einen echten intellektuellen Helfer.

Die Beherrschung und Imitation bestimmter Naturvorgänge führte im industriellen Bereich zur Verwendung von Mikroorganismen und Enzymen in der Nahrungsmittel-, Arzneimittel- und sonstigen, der Gesellschaft nützlichen chemischen Produktion. Im Bereich der Ökologie dienten sie der Kontrolle und Regulation natürlicher Zyklen mit dem Ziel, die landwirtschaftlichen Erträge zu steigern oder wirksamer die Defekte des sozialen Metabolismus zu beseitigen. Diese Biotechniken und Ökotechniken machten den Weg frei für neue, weniger umweltverschmutzende und energieverbrauchende Industrieverfahren, die gleichzeitig leichter zu kontrollieren und zu dezentralisieren waren als die alten Massenproduktionsverfahren.

Lenin sagte: »Kommunismus, das sind die Sowjets plus Elektrizität.« Nun, die Ökogesellschaft, das ist Genossenschaft plus Telekommunikationsmittel.

Die großen Wirtschaftskrisen und die technologischen Entdeckungen haben die klassische Industriegesellschaft als Folge einer Doppelbewegung verwandelt: Eine Dezentralisierung (oder Differenzierung) führte zur Beherrschung oder Kontrolle der modernen Werkzeuge, und eine

Rezentrierung (oder Integrierung) ergab sich aus den Fortschritten der Telekommunikationsmittel und der Mikroinformatik.

Diese doppelte Bewegung ermöglichte eine gesteigerte Leistungsfähigkeit der Gemeinschaftsverwaltung durch die Basis (und so das allmähliche Verschwinden bestimmter »radikaler Monopole«) und vermehrte Mitwirkung des einzelnen auf allen Ebenen des gesellschaftlichen Lebens.

Die Dezentralisierung beruht auf individueller Verantwortlichkeit, und die Mitwirkung ermöglicht eine Regulierung (von der dezentralisierten Ebene bis zu der der großen makroskopischen Regulierungen) des Metabolismus der Gesellschaft. Dieses Neueinpendeln der Kräfte und Gewalten war selbstverständlich begleitet von tiefgehenden Veränderungen der politischen, wirtschaftlichen und sozialen Strukturen.

Im Unterschied zu den Industriegesellschaften klassischen Typs, die »von oben nach unten« strukturiert waren, hat sich die Ökogesellschaft »von unten nach oben« gebildet. Sie geht aus von der Person und ihrer Verantwortungssphäre, dann kommt die Einrichtung von Benützergemeinschaften, die für die dezentralisierte Verwaltung der wichtigsten Organe des Gesellschaftslebens sorgen, vor allem der Anlagen zur Energieumwandlung, des Bildungswesens, der elektronischen Kommunikations-, Mitwirkungs- und Informationsaufbereitungsmittel und in bestimmten Industriezweigen der Produktionsmittel.

Die Ökogesellschaft akzeptiert die Koexistenz von Privateigentum an Produktionsmitteln und von Staatseigentum. In Fortsetzung liberaler Vorstellungen begünstigt sie die Neuerungskraft und Anpassungsfähigkeit des freien Unternehmertums und der freien Konkurrenz. Aber sie unterwirft die Unternehmen einer strengen Kontrolle durch die Verbraucher- und Benützergemeinschaften. Die Basisgemeinschaften arbeiten mit den politisch Verantwortlichen zusammen an einer partizipativen Planung, die es möglich macht, die großen Endziele zu wählen und die wichtigsten Fristen festzulegen.

Die »soziale Rückkopplung«, die auf allen Rangebenen der Gesellschaft wirksam ist, ermöglicht die Kontrolle und Anwendung dieser Planung ebenso wie die Anpassung an neue Entwicklungsbedingungen.

Die großen Regulationen betreffen hauptsächlich die Regelung des Energieverbrauchs, der Investitionsraten, der Zuwachsraten der Bevölkerung und der wichtigsten Zyklen, die die Lebensmittelversorgung, die Produktion, den Verbrauch und die Altmaterialverwertung betreffen.

Der Energieverbrauch wird auf dem Niveau gehalten, das er Anfang der achtziger Jahre hatte. Das bedeutet kein monchisches Verzichtemüssen; die Energie wird besser verteilt, es wird mehr gespart und nutzbringender verbraucht.

Die neuen Investitionen dienen hauptsächlich dazu, den Maschinenpark und die Baulichkeiten zu erneuern oder neue Industriezweige zu schaffen, wenn dafür ein gesellschaftliches Bedürfnis besteht.



Die Geburtenrate wird auf einer Höhe gehalten, so daß sich die Bevölkerung erneuert und in stationärem Zustand erhält. Der Kreislauf der Lebensmittelversorgung, der Produktion, des Verbrauchs, der Wiederverwertung wurde völlig neu organisiert. Die Schaffung von Rückgewinnungsketten und dezentralisierten Sortiersystemen ermöglichte es, die Zyklen wieder miteinander zu verbinden, entsprechend dem Metabolismus des gesellschaftlichen Organismus mit den natürlichen Zyklen des Ökosystems.

Die Ökogesellschaft ist dezentralisiert, partizipativ, auf gemeinschaftlicher Verwaltung beruhend. Es gibt wirkliche persönliche Verantwortlichkeit und Initiative. Sie beruht auf dem Pluralismus der Ideen, der Lebensstile und Lebensführung. Die Konsequenz ist, daß Gleichheit und soziale Gerechtigkeit Fortschritte machen, aber auch, daß Gewohnheiten, Denkweisen und Sitten sich total verändern. Die Menschen haben ein anderes Leben erfunden in einer Gesellschaft, die sich im Gleichgewicht befindet. Sie haben gemerkt, daß die von den Industriegesellschaften produzierte Haltung eine Übererziehung verlangte, die das Unterrichtswesen der Ökogesellschaft beträchtlich reduziert. Dieses ist gleichzeitig umfassender, praxisbezogener und mehr in das Leben integriert. Übrigens werden weniger Medikamente verbraucht, weniger die Ärzteschaft konsultiert, und man geht nur in Ausnahmefällen in ein Krankenhaus. Das Leben ist gesünder, es gibt wirkungsvollere Vorbeugungsmaßnahmen gegen Krankheiten, man versucht eher, die natürlichen Abwehrkräfte des Organismus anzuregen, als »von außen« mit chemischen Stoffen einzuwirken.

Erdöl und Energie werden noch immer in großem Maß von der Ökogesellschaft verwendet, aber die Stabilisierung des Energieverbrauchs auf einem Niveau, das eine gerechte Verteilung der Ressourcen erlaubt, hat tiefgreifende Veränderungen mit sich gebracht. Pläne zur Indienststellung neuer Kernkraftwerke wurden aufgegeben. Die Dezentralisierung der Energieumwandlungsanlagen führte zur Nutzung neuer Quellen. Vor allem aber haben Energieersparnis und der allgemeine Kampf gegen die Verschwendung eine Stabilisierung des Energieverbrauchs ermöglicht. Man hat auch gelernt, die Eigenenergie der sozialen Systeme zu nutzen, eine Energie, die früher nur in Krisenzeiten, Revolutionen oder Kriegen frei wurde.

Die Motivation, die zum Handeln führte, beruhte früher auf dem eigenen Interesse (Geld, Ehrungen), auf Zwang (Reglementierung, Angst vor Strafe) oder manchmal auch auf Einsicht in die Nützlichkeit des eigenen Tuns und auf sozialem Verantwortungsgefühl. Die »Transparenz« der Ökogesellschaft, bessere Information und effektivere Mitwirkung ließen nach und nach die beiden letzten Motivationen hervortreten, ohne die es keinen wirklichen sozialen Zusammenhalt gibt.

In Industrie und Landwirtschaft hat man energieverbrauchende Arbeitsmethoden durch »sanftere« Technologien und natürliche Prozesse ersetzt.



In manchen Veredelungsindustrien wie etwa der Petrochemie hat man mehrere, zuviel Energie verbrauchende Zweige aufgegeben. Die Wiederverwertung von Wärme und Rohstoffen wird in sehr großem Ausmaß praktiziert. Die Industrieprodukte sind robuster und leichter zu reparieren, was eine Neubelebung aller möglichen Pflege- und Reparaturtätigkeiten bewirkte. Das Handwerk erlebt eine kraftvolle Wiedergeburt, die Dinge sind nicht mehr standardisiert, sondern personalisiert.

Die biotechnologische Revolution hat die Methoden der Landwirtschaft und der Nahrungsmittelindustrie radikal verändert: Neue Bakterienarten sind die großen Verbündeten des Menschen geworden, bei der Produktion wie bei der Wiederverwertung. Künstliche Enzyme ermöglichen die Herstellung von Dünge- und Nahrungsmitteln, doch gibt es Restriktionen mit Rücksicht auf die unbedachte Verschwendung der Industriegesellschaft.

Die Ökogesellschaft impliziert auch den ungeheuren Aufschwung des Qualitativen und der Sensibilität, das Erforschen und Erobern des inneren Raumes. Die Menschen sind nicht mehr unentwegt mit dem Wachstum beschäftigt, sie produzieren und konsumieren weniger und haben daher wieder Zeit, sich mit sich selbst und den anderen zu befassen. Die menschlichen Beziehungen sind vielseitig und weniger auf Wettbewerb ausgerichtet. Man respektiert die Entscheidungen und Freiheiten der andern. Jeder ist frei, Genuß in allen seinen Formen zu suchen: sexuell, ästhetisch, intellektuell, sportlich . . . Individuelles Schaffen und persönliche Erfüllung sind oft Gegenstand der Gespräche. Man bewundert das Einmalige und Unersetzliche eines Kunstwerks, einer wissenschaftlichen Entdeckung oder einer sportlichen Leistung.

Bei den wissenschaftlichen Fortschritten fällt besonders der erstaunliche Aufschwung der Biologie auf. Aber schärfer denn je drängen sich die Probleme des Verhältnisses von Wissenschaft und Politik, Wissenschaft und Religion und Wissenschaft und Moral auf. Eine »Bioethik« stärkt die neue Moral der Ökogesellschaft. Sie beruht auf der Achtung vor der menschlichen Person, sie richtet und leitet die Entscheidungen. Die Menschen der Ökogesellschaft verfügen nämlich über furchtbare Macht: Sie können durch hormonale oder elektronische Eingriffe das Gehirn manipulieren, auch genetische Manipulationen sind möglich, Gensynthesen, chemische Einwirkung auf den Embryo, Embryoimplantation *in vitro*, freie Wahl des Geschlechts und Eingriffe in den Alterungsprozeß.

Das Verhältnis des Menschen zum Tod hat sich weiterentwickelt. Der Tod wird akzeptiert, ins Leben reintegriert. Alte Menschen nehmen am sozialen Leben teil, sie werden mit Achtung und Rücksichtnahme behandelt. Ein religiöses Gefühl (eine praktizierte, nicht allein offenbarte Religion) durchtränkt alle Aktivitäten der Ökogesellschaft, es ist Grundlage und Wert allen Tuns, es verleiht Hoffnung, daß etwas gerettet werden kann,

denn in jedem einzelnen gibt es eine einmalige Schöpferkraft, und der Ausweg liegt in der kollektiven Schöpfung.

Das war ein Szenario unter anderen, für eine Welt unter anderen. Ein Großteil davon ist Traum? Das gebe ich zu. Aber es ist wichtig zu träumen. Und warum sollte man nicht seine Träume für Realitäten halten? . . . Gerade so lange, um eine Welt aufzubauen.



# Anhang

## Literaturhinweise

- ABT, C. C.: Serious Games. New York, 1970.
- ADAM, A.: Informatik. Probleme der Mit- und Umwelt. Opladen, 1971.
- AGUESSE, P.: Clefs pour l'écologie. Paris, 1971.
- ASHBY, W. R.: General Systems Theory as a New Discipline, in: *General Systems Yearbook*, 3, 1958.
- DERS.: Einführung in die Kybernetik. Frankfurt/M., 1973.
- BAREL, Y.: La Reproduction sociale. Paris, 1973.
- BAUMER, F.: Teilhard de Chardin. Berlin, 1974.
- BERGER, L.: L'Homme moderne et son éducation. Paris, 1962.
- BERTALANFFY, L. VON: General System Theory. New York, 1968.
- CANNON, W. B.: The Wisdom of the Body. New York, 1939.
- CLAPHAM, W. B. JR.: Natural Ecosystems. New York, 1973.
- COLE, S.: World models, their progress and applicability, in: *Futures*, 201, (Juni) 1974.
- DEUTSCH, K. W.: Politische Kybernetik. Freiburg, 1970.
- DOBROW, G. M.: Prognostik in Wissenschaft und Technik. Berlin, 1971.
- ELLENBERG, H. (HRSG.): Ökosystemforschung. Berlin/Heidelberg/New York, 1973.
- FORRESTER, J. W.: Der teuflische Regelkreis. Das Globalmodell der Menschheitskrise. Stuttgart, 1972.
- FOURASTIÉ, J.: Die große Hoffnung des zwanzigsten Jahrhunderts. Köln, 1969.
- FRISCH, H.: Gebundener technischer Fortschritt und wirtschaftliches Wachstum. Berlin, 1968.
- GABOR, D., COLOMBO, U., U. A.: Das Ende der Verschwendung. Zur materiellen Lage der Menschheit – Ein Tatsachenbericht (3. Bericht) an den Club of Rome. Mit Beiträgen von Eduard Pestel. Stuttgart, 1976.
- GRUNBAUM, A.: Philosophical Problems of Space and Time. New York, 1963.
- GUILLAUMAUD, J.: Norbert Wiener et la cybernétique. Paris, 1971.
- HAAS, A.: Teilhard de Chardin-Lexikon. Grundbegriffe – Erläuterungen – Texte. Freiburg, 1971.

- HEHNER, O.: 50 Jahre Zukunft. Hamburg, 1966.
- HÜFNER, K. (HRSG.): Bildungsinvestitionen und Wirtschaftswachstum. Stuttgart, 1970.
- JUNGK, R.: Der Jahrtausendmensch. Bericht aus den Werkstätten der neuen Gesellschaft. München, 1973; Reinbek (TB), 1976.
- DERS.: Plädoyer für eine Humane Revolution. Ein Gespräch. Zürich, 1975.
- DERS. U. WEYER, A. (HRSG.): Die Grenzen der Resignation. Wuppertal-Barmen, 1976.
- JUNGK, R. (HRSG.): Menschen im Jahr 2000. Eine Übersicht über mögliche Zukünfte. Frankfurt/M., 1972.
- KAHN, H., WIENER, N.: Ihr werdet es erleben. Wien/München/Zürich, 1968.
- KRELLE, W., U. A.: Ein Prognosesystem für die wirtschaftliche Entwicklung der Bundesrepublik Deutschland. Meisenheim/Gl., 1969.
- KUMM, J.: Wirtschaftswachstum, Umweltschutz, Lebensqualität. Eine systemanalytische Umweltstudie für die Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 2000. Stuttgart, 1976.
- LEHMANN, G.: Wirtschaftswachstum im Gleichgewicht. Eine System-Dynamics-Studie sozio-ökonomischer Entwicklungen in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 2000. Stuttgart, 1975.
- MARCUSE, H.: Der eindimensionale Mensch. Studie zur Ideologie der fortgeschrittenen Industriegesellschaften. Neuwied/Berlin, <sup>7</sup>1975.
- MEADOWS, D. L., MEADOWS, D. H., ZAHN, E., MILLING, P.: Die Grenzen des Wachstums. Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit. Stuttgart, 1972.
- MEADOWS, D. L., MEADOWS, D. H.: Das globale Gleichgewicht. Modellstudien zur Wachstumskrise. Stuttgart, 1974.
- MESAROVIĆ, M., PESTEL, E.: Menschheit am Wendepunkt. 2. Bericht an den Club of Rome zur Weltlage. Stuttgart, 1974.
- OLSON, M. JR.: Die Logik kollektiven Handelns. Tübingen, 1968.
- PECCEI, A.: Die Qualität des Menschen. Plädoyer für einen neuen Humanismus. Mit einem Vorwort von Eduard Pestel. Stuttgart, 1977.
- PERUTZ, M.: Haemoglobin: the molecular lung, in: *New scientist and Science Journal*, 676, (Juni) 1971.
- SACHAROW, A. D.: Wie ich mir die Zukunft vorstelle. Zürich, 1968.
- STEINBUCH, K.: Falsch programmiert. Stuttgart, <sup>7</sup>1969.
- DERS.: Die informierte Gesellschaft. Stuttgart, <sup>2</sup>1969.
- DERS.: Programm 2000. Stuttgart, <sup>2</sup>1970.
- DERS.: Automat und Mensch. Berlin, <sup>4</sup>1970.
- DERS.: Philosophie und Kybernetik. München, 1970.
- STEVENS, C. H.: Citizen Feedback and Societal Systems, in: *Technology Review*, 73, 38, 1971.
- TOFFLER, A.: Der Zukunftsschock. München, 1973.



- DERS.: Kursbuch ins dritte Jahrtausend. Ein Kompendium der Zukunftsforschung. Berlin, 1975.
- DERS.: Die Grenzen der Krise. Der globale Wirtschaftsinfarkt: Risikofaktoren und Gegenstrategien. Reinbek, 1976.
- VESTER, F.: Planung, Forschung, Kommunikation im Team. Konstanz, 1969.
- DERS.: Das kybernetische Zeitalter. Neue Dimensionen des Denkens. Frankfurt/M., 1974. (Erg. u. aktualisierte Ausg. in Vorb.)
- DERS.: Das Überlebensprogramm. Frankfurt/M., 1975.
- DERS.: Denken, Lernen, Vergessen. Was geht in unserem Kopf vor, wie lernt das Gehirn, und wann läßt es uns im Stich? Stuttgart, 1975.
- DERS.: Phänomen Streß. Wo liegt sein Ursprung, warum ist er lebenswichtig, wodurch ist er entartet? Stuttgart, 1976.
- DERS.: Ballungsgebiete in der Krise. Eine Anleitung zum Verstehen und Planen menschlicher Lebensräume mit Hilfe der Biokybernetik. Stuttgart, 1976.
- DERS.: Informatik. Ein Schlüsselwort der Zukunft. Wiesbaden-Biebrich, 1976.
- WAHLERT, G. U. H. VON: Was Darwin noch nicht wissen konnte. Die Naturgeschichte der Biosphäre. Stuttgart, 1977.
- WIENER, N.: Die Versuchung. Geschichte einer großen Erfindung. Düsseldorf, 1960.
- DERS.: Kybernetik. Regelung und Nachrichtenübertragung in Lebewesen und in der Maschine. Düsseldorf, 1968.
- DERS.: Mensch und Menschmaschine. Kybernetik und Gesellschaft. Frankfurt/M., 1972.
- WYSS, W. VON: Charles Darwin. Ein Forscherleben. Zürich/Stuttgart, 1958.
- ZAHN, E.: Systemforschung in der Bundesrepublik Deutschland. Göttingen, 1962.
- DERS.: Das Wachstum industrieller Unternehmen. Wiesbaden, 1971.

# Namen- und Sachregister

- Adaption 78  
ADP (Adenosindiphosphat) 66 f.  
Aktionsgesetze, Ableitung von 95  
Aktivator 84  
Albedo 129  
Albertini, J. M. 49  
Aminosäuren 61, 68  
Analyse, energetische 133  
Ansatz, analytischer 95 f., 114  
Ansatz, systemgerichteter 238  
Aristoteles 182  
Ashby, W. R. 78, 104  
Atmung 65 f.  
ATP (Adenosintriphosphat) 66 f.  
Attali, J. 160  
Auslese 208  
Autokatalyse 205, 207  
Automation 145  
Autoselektion 121, 207  
  
Beauregard, C. de 184 f.  
Berger, G. 201  
Bergson, H. 182 f.  
Berry, S. 134  
Bertalanffy, L. von 74, 78  
Bevölkerungszahl 92  
Bigelow, J. H. 76  
Bildung, systemgerichtete 242  
Bioenergetik 113  
Bioethik 254  
Bioindustrie 140 ff.  
Biologie 15 ff., 73, 254  
Biolumineszenz 143  
Bionik 75, 78  
Biosphäre 21, 128, 141  
Biotechnik 251  
Bit 154, 162 ff.  
Boltzmann, L. 117  
Boulding, K. 78  
Boulton, M. 80  
Brillouin, L. 117  
  
British Petroleum (BP) 143  
Bryson, R. 129  
Budgetausgleich 91  
  
Cannon, W. B. 59, 76  
Carnot, S. 117, 118, 183  
Chardin, T. de 109, 157, 193 f.  
Chronologie 191  
»Chronozentrismus« 180, 188  
Clausius, R. E. 117 f.  
Club of Rome 79  
Computer 97  
  
Darwin, C. 209  
Degeneration 49  
Detektoren 36  
Determinismus 192  
Dezentralisierung 108, 252  
Dickson, E. D. 168  
Divergenz 89, 194  
Diversität 109  
DNS (Desoxiribonukleinsäuren)  
    64, 150, 154, 201  
Dupuy, J.-P. 212  
  
Einstein, A. 183  
Elektronenfreisetzung 68  
Elektronenrechner 79  
Elektronik 145  
Energie 16  
Energieanalyse 134 ff.  
Energieaufwand 55  
Energiebilanz 19  
Energiefluß, irreversibler 26  
Energiegesetze 114, 116 f.  
Energiekreislauf 35  
Energiemetabolismus 125  
Energienutzung 114 f.  
Energiequellen, biologische 115  
Energiequellen, neue 139  
Energieumwandlung, System 56

- Energieverlust 23  
 Entropie 35, 64, 81, 109, 117, 127, 179  
 Entwicklung, präbiologische 105  
 Entwicklungsstufen 30 ff.  
 Enzyme 66, 69 f., 143, 254  
 Enzyme, immobilisierte 144  
 Erneuerung, Dynamik der 48  
 Erziehung 14, 215  
 Evolution 88, 105, 184, 203  
 Evolution, lineare 221  
 Evolution, soziale 114, 206  
 Evolutionsmechanismus 203  
 Expansion 89  
  
 Fächerpluralismus 234  
 Fermentation 25, 114, 145  
 Fermentation, bakterielle 139  
 Fernsehen 156, 162  
 Fettsäuren 61, 68  
 Finalität 196 f.  
 Fluktuation 204 ff.  
 Flußgleichgewicht 102  
 Flußgrößen 86  
 Flußvariable 90 ff.  
 Forrester, J. 76, 79, 103  
  
 Gabor, D. 117  
 Geburtenrate 93 f.  
 Gedankenmodelle 100  
 Geldkreislauf 35  
 Gesellschaft 14  
 Gesundheitswesen 47  
 Gibbs, J. W. 117  
 Glukose 60 f., 65, 68, 72  
 Grunbaum, A. 191, 194  
 Güterverteilung 46  
  
 Haeckel, E. 18  
 Hämoglobin 66 f., 71  
 Handelsbilanz 38, 41  
 Hannon, B. 138  
 Homöostase 103  
 Homogenität 109  
  
 Illich, I. 171  
 Industriegesellschaft 33, 53  
 Industriekapitel 92  
 Inflation, Merkmal der 40  
 Informatik 216  
 Information 121, 131, 149 ff., 161  
 Informationskreislauf 77  
 Informationssysteme, organische 56  
 Informationstechnik 145  
 Informationstheorie 73, 77, 216  
 Informationsverarbeitung 55  
 Informationswissenschaft 16  
 Infrastruktur 45  
 Inhibitor 84  
 Input 51, 88, 121, 138  
 Integration 215  
 Integrationsfaktoren 74  
 Interaktion 158, 164, 239  
 Interdependenzen 191, 215 ff.  
 Invarianten 74  
 Investitionen 53 f., 93  
 Irreversibilität 120, 179, 183  
  
 Jacob, F. 142  
 Josiah Macy Foundation 77  
 Joule, J. P. 117  
  
 Kabelfernsehen 243  
 Kausalität 189 ff., 226  
 Kelvin, Lord 118  
 Kilokalorie 126, 131 ff.  
 Koexistenz 221  
 Kommunikation 46, 149 f., 154 ff.  
 Kommunikation, Technologie der 160  
 Kommunikation, visuelle 165  
 Kommunikationsnetze 56, 86, 171  
 Komplementarität 198 f., 221, 235  
 Komplexität 81, 83, 85, 110  
 Konsumenten 36 f.  
 Konvergenz 90, 197, 215  
 Kopplung 121 f.  
 Kosmogonie 196

- Krebs, H. 67  
 Kreislauf, biologischer 20 f.  
 Kybernetik 16, 73, 76, 149, 216, 223  
 Le Châtelier, Prinzip von 210  
 Lenkungsmaßnahmen, Wirkung von 38  
 Leontief, W. 133  
 Lettvin, J. 78  
 Lindeman, R. L. 133  
 Lotka, A.-J. 121  
 Lwoff, A. 142  
 Magnetbandspeicher 79  
 Makroökonomie 29  
 Makroskop 13 ff., 220  
 Makromoleküle 64 f.  
 Malthus, T. R. 209  
 Malthus-Modell 93  
 Marktwirtschaft, freie 42  
 Marx, K. 209  
 Maturana 78  
 Maxwell, J. C. 117  
 Mayer, R. J. 117  
 Mc. Culloch, W. 76  
 Mead, M. 78  
 Meadows, D. H. 79, 249  
 Medien 172  
 Merck 144  
 Metabolismus 113, 252  
 Methode, analytische 14, 226  
 Mikroben 141 ff., 145  
 Mikroklima 48  
 Mikroklima, Veränderung des 128  
 Mikroorganismen 142 f.  
 Mikroorganismen, zerlegende 24  
 Milieu, inneres 59, 63  
 MIT (Massachusetts Institute of Technology) 75, 79  
 Mitochondrien 67, 68  
 Modelle, Aufbau von 97  
 Modellierung 98  
 Moleküle 154  
 Monod, J. 142, 193 f.  
 Morgenstern, O. 78  
 Mutation 203, 207 f.  
 Nahrungskette 28  
 Nanosekunden 213  
 Negentropie 153 f., 185 ff.  
 Neuordnung, soziale 247  
 Newton, I. 182  
 Nitrogenase 142  
 Noosphäre 157  
 Odum, H. 132 f.  
 Ökoenergetik 113 f., 131 ff.  
 Öko-Engineering 140, 147  
 Ökogesellschaft 250 ff.  
 Ökologie 15 ff., 44, 104, 249  
 Ökonomie 29, 249  
 Ökosozialismus 249  
 Ökosphäre 249  
 Ökosystem 16 ff., 26, 80, 113, 206  
 Ökotechnik 251  
 Ontogenese 187  
 Organellen 65  
 Organfunktionen 55  
 Organismus 54, 58  
 Orwell, G. 157  
 Oszillation 206  
 Output 51, 88 f., 121, 138  
 Partizipationssysteme 175 f.  
 Perroux, F. 30  
 Perzeption 78  
 Photosynthese 20, 21, 114, 141, 146  
 Phylogeneese 187  
 Pimentel, D. 136  
 Pitts, W. 78  
 Plasma 59 ff.  
 Pluralismus 226  
 Polymerase 69  
 Potential, thermodynamisches 131  
 Prinzipien, thermodynamische 203  
 Produkteinheit 107

- Produktionsfaktoren 50 f.
- Produktionsgüter 50 f.
- Produktionsvorgänge, Komplexität der 34
- Produzenten 36 f.
- Proteine 70
- Proteinindustrie 143
- Randers, J. 108
- Rapoport, A. 78
- Rashevsky, N. 78
- Recycling 20, 28, 139 f., 147
- Redundanz 110
- Reduzenten 24
- Regelkreis, biochemischer 107
- Regelkreis, negativer 92
- Regenerierung 56
- Regulation 52, 56, 60, 175
- Regulation, automatische 41 f.
- Regulationsmechanismen 26 f., 62, 80, 218
- Regulationsmoleküle 70
- Regulationssystem 20, 60
- Reich, A. 228
- Reproduktion 63
- Ressourcen, natürliche 107, 130
- Revolution, biotechnologische 254
- Revolution, industrielle 49
- Rezession, Merkmal der 39
- Ribonukleinsäure 64
- Ribosomen 65
- Robbins, L. 30
- Rosenblueth, A. 76
- Rückkopplung 75, 172 ff., 189
- Rückkopplung, Folgen der 87
- Rückkopplung, negative 77, 88 f.
- Rückkopplung, positive 88 f.
- Rückkopplung, soziale 169, 171, 252
- Sauerstoffkonzentration 28
- Selbstorganisation 78
- Selbstregulierung 63
- Selbststeuerungsprozeß 75
- Servomechanismus 223
- Shannon, C. 77
- Signalmoleküle 70
- Simulation 95, 98 ff., 239
- Simulationsverfahren, Vorteile und Grenzen 99
- Simulator 97
- Sonnenenergie 18 f., 72
- Soziologie 75
- Spezialisierung 45
- Stabilität, dynamische 100 f.
- Stadt, moderne 45
- Städte, Entwicklung der 44
- Stagnation 49
- Statistik, theoretische 117
- Steinhart, J. S. 137
- Steuermechanismus 111
- Stoffwechsel 56, 63
- Sutro, L. 78
- System 73, 74
- System, geschlossenes 82
- System, homöostatisches 103, 107, 109
- System, kybernetisches 79
- System, offenes 81
- Systemanalyse 74, 97
- Systemansatz 114
- Systemdynamik 73, 79, 95
- Systemdynamik, Methode der 105
- Systemdynamik, operationelle 112
- Systemelemente 85
- Systemerziehung 236 ff.
- Systemtechnik, Ansatz der 16
- Systemtheorie 73, 76, 80, 216
- Szilard, J. 117, 185
- Telefon 156, 162
- Telegraf 156
- Timing 111, 236, 241
- Thermodynamik 75, 82, 113, 117
- Transportsysteme 46
- Umwelt 63
- Umweltbedingungen, neue 58



- Umweltverschmutzung 137, 212
- Universum 202
- Unternehmen 34, 37, 50
- Unternehmer, Führungsfunktion des 52
- Unterrichts-Modelle, audiovisuelle 244
- Varietät 104, 106, 110
- Ventile 86
- Verzögerung 87
- Verzögerungszeiten 111
- Videokassette 243
- Volkswirtschaft 108
- Wachstum 34, 43, 53 f., 104
- Wachstum, demographisches 89
- Wärmeenergie, Verteilung von 19
- Wahrscheinlichkeitstheorie 75
- Wasserkreislauf 26
- Watt, J. 80
- Weaver, W. 77
- Wertvorstellungen, neue 15 f.
- Wiener, N. 74, 76
- Wirkungsgrad 124 f.
- Wirtschaft 15, 17, 27
- Wirtschaft, Grundlage der 44
- Wirtschaftsablauf, beschleunigter 34
- Wirtschaftspolitik 41
- Wirtschaftswachstum 53
- Zeit 179
- Zeit, potentielle 200 ff.
- Zeitablauf, Wissen über 16, 90
- Zelle 63
- Zustandsvariable 90 f., 93 f.
- Zyklen, biochemische 26

# Aktuelle populäre Wissenschaft

Aubrey Milunsky

## **Unsere biologische Mitgift**

Was man über Erbanlagen wissen muß, wenn man Kinder haben möchte und wenn man älter wird  
240 Seiten  
Geb. mit SU

Ein Sachbuch, das klar, übersichtlich und allgemeinverständlich die aufsehenerregenden Fortschritte darstellt, die in jüngster Zeit auf den Gebieten der Genetik und der Entdeckung und Verhinderung von Erbschäden gemacht wurden. Zusammen mit den informativen Kapiteln im Anhang, die unter anderem eine Übersicht über genetische Beratungsstellen in der Bundesrepublik Deutschland enthalten, wird dieses Buch zu einem praktischen Ratgeber von größter Wichtigkeit und Aktualität.



Alfred Rosenfeld  
**Länger leben - Wunsch oder Alptraum?**

Ergebnisse der Altersforschung  
Aus dem Amerikanischen übersetzt von Katrin und Richard Kaufmann  
224 Seiten

Der angesehene und bekannte US-Wissenschafts-Journalist Albert Rosenfeld beschäftigt sich in diesem ausgezeichneten recherchierten Report mit Fragen nach den Aussichten, das Altern zu verlangsamen oder gar ganz zu beseitigen, um so unsere schöpferischen Jahre entscheidend zu verlängern.



**Milunsky**

## **Unsere biologische Mitgift**

Was man über Erbanlagen wissen muß, wenn man Kinder haben möchte, und wenn man älter wird.

**dva**

Deutsche  
Verlags-Anstalt

**dva**



---

# Carl Amery

---

## Natur als Politik

### Die ökologische Chance des Menschen

«Amery macht vernünftige Vorschläge für den Aufbau einer weitgehend dezentralisierten und dem Einzelmenschen zugewandten Gesellschaft. Es macht Spaß, dieses Buch zu lesen.» Deutsche Zeitung

Der Ausgangspunkt des neuen Buches von Carl Amery ist die zentrale These: «Bisher hat sich der Materialismus damit begnügt, die Welt zu verändern; jetzt kommt es darauf an, sie zu erhalten.» Eine vehemente Attacke gegen die Ökonomie als Leitwissenschaft der Politik und gegen die Techno-Diktatur des Industriesystems.

rororo sachbuch 7146

---

## Das Ende der Vorsehung

### Die gnadenlosen Folgen des Christentums

«Macht euch die Erde untertan!» In dieser Aufforderung zur totalen Unterwerfung der Natur hat sich das Christentum weit über die kirchlichen Grenzen hinaus manifestiert. Die Vernichtung der Natur durch den Menschen läßt die Möglichkeit auftauchen, daß die «Geschichte des Heils» in eine Geschichte des endgültigen Schreckens umschlägt. Carl Amery sieht die heutige Krise der menschlichen Gesellschaft als eine gnadenlose Folge christlicher Geschichte.

**Carl Amery:** «Nicht die erbitterten Querelen zwischen Römischen und Protestanten, zwischen Stalinisten und Trotzlisten verändern das Leben der Welt, sondern ihre Gemeinsamkeiten; nicht die Gegner oder Anhänger der einen oder anderen Konfession haben den Traktor, die Stechuhr und den Röntgenshirm erfunden, sondern die Erben und Akteure einer gemeinsamen Erfolgsgeschichte, die heute, auf dem Höhepunkt ihrer Triumphe, in die totale Katastrophe abzukippen droht.»

rororo sachbuch 6874

---

# Technologie und Politik

**Das Magazin zur Wachstumskrise. Herausgegeben von Freimut Duve**

Ein kritisches, vierteljährlich erscheinendes Periodikum im Taschenbuchformat.

Beratung: Ulrich Albrecht, André Gorz, Ivan Illich, Joachim Israel und Joachim Steffen.

**Heft 1:** Industriekritik [1873]

**Heft 2:** Sowjetische Wissenschaftler und die Grenzen des Wachstums. Diskussion um Illichs Medizin-kritik u. a. [1880]

**Heft 3:** Welthunger-katastrophe und Agrarpolitik [1942]

**Heft 4:** Rüstungs-Technologie [1945]  
Automatische Tötungs-maschine. Waffenexport. Napalm. SALT – Falsche Rüstungsvergleiche? Privat-polizei. Atomenergie und Verbreitung von Atomwaffen. Herbizide.

**Heft 5:** Kartelle in der Marktwirtschaft [4007]  
Bodenstein/Leuer: Wird Verschleiß geplant? Heinz Brand: Kunst und Technik. Ostermeyer: Produktion als Aggression. Bau-Kartell (Bremer Kriminalistenpreis) / Elektro-Kartelle / Glühbirnen-Kartell

**Heft 6:** Technologiepolitik in Lateinamerika [4066]  
Offe/Narr: Was heißt hier

Strukturpolitik? Banka: Eine Technikkritik aus Polen.  
C. Amery: Für eine Kirchturms-politik in Bayern. Schwember: Allendes Technologiepolitik. U. a.

**Heft 7:** Brokdorf/Untereibe/Kernenergie [4121]

**Heft 8:** Die Zukunft der Arbeit 1 [4184]

**Heft 9:** Energie und Arbeits-plätze [4189]

**Heft 10:** Die Zukunft der Arbeit 2 [4265]

**Heft 11:** Alternative Technologien [4273]

**Heft 12:** Die Zukunft der Ökonomie 1 [4280]

**Eine Zeitschrift der Reihe rororo aktuell**



# rororo aktuell

Herausgegeben von Freimut Duve

## Abrüstung und Militärpolitik

Albrecht, Ulrich/Lock, Peter/  
Wulf, Herbert

### **Arbeitsplätze durch Rüstung?**

Warnung vor falschen Hoffnungen (4266)

Boserup, Anders/Mack, Andrew

**Krieg ohne Waffen:** Studie über Möglichkeiten und Erfolge sozialer Verteidigung. Kapp-Putsch 1920 / Ruhrkampf 1923 / Algerien 1961 / ČSSR 1968 (1710)

Hesslein, Bernd C. (Hg.)

**Die unbewältigte Vergangenheit der Bundeswehr.** Fünf Offiziere zur Krise der inneren Führung (4190)

Jahn, Egbert

### **Kommunsimus – und was dann?**

Zur Bürokratisierung und Materialisierung des Systems der Nationalstaaten (1653)

**Rüstung und Abrüstung im Atomzeitalter.** Ein Handbuch. Herausgegeben vom Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI) (4186)

Studiengruppe Militärpolitik

**Ein Anti-Weißbuch.** Materialien für eine alternative Militärpolitik (1777)

**Die Nationale Volksarmee.** Ein Anti-Weißbuch zum Militär in der DDR (4059)

## Industriekritik und Ökologie

**Atommüll oder Der Abschied von einem teuren Traum.** Arbeitsgruppe «Wiederaufarbeitung» (WAA) an der Universität Bremen (4117)

Commoner, Barry

### **Energieeinsatz und Wirtschaftskrise**

Die Grundlage für den radikalen Wandel (4193)

Frank, André Gunder

### **Weltwirtschaft in der Krise**

Verarmung im Norden – Verelendung im Süden (4352)

Gaul, Ewald

### **Atomenergie oder Ein Weg aus der Krise?** (1773)

Gorz, André

**Ökologie und Politik.** Beiträge zur Wachstumskrise (4120)

Illich, Ivan

### **Die sogenannte Energiekrise oder Die Lähmung der Gesellschaft**

Das sozialkritische Quantum der Energie (1763)

Kraatz, Birgit

### **Seveso und die Tragödie danach** (4349)

Matzner, Egon

**Wohlfahrtsstaat und Wirtschaftskrise** Österreichs Sozialisten suchen einen Ausweg (4263)

Mirow, Kurt Rudolf

**Die Diktatur der Kartelle.** Zum Beispiel Brasilien. Materialien zur Vermachtung des Weltmarktes (4187)

Strasser, Johano

**Die Zukunft der Demokratie.** Grenzen des Wachstums – Grenzen der Freiheit? (4118)

Turner, John F. C.

### **Verelendung durch Architektur**

«Housing by People». Plädoyer für eine politische Gegenarchitektur in der Dritten Welt (4264)

Wüstenhagen, Hans-Helmut

**Bürger gegen Kernkraftwerke** Wyhl – der Anfang? (1949)



# Der Einzelne und die Gesellschaft – Konflikte und Konzepte

Thomas Ayck / Inge Stolten  
**Kinderlos aus Verantwortung**  
204 Seiten. Kart.

Dr. med. Eric Berne  
**Spiele der Erwachsenen**  
Psychologie der menschlichen  
Beziehungen  
272 Seiten. Geb.

Horst Brück  
**Die Angst des Lehrers  
vor seinem Schüler**  
Zur Problematik verbliebener  
Kindlichkeit in der Unterrichts-  
arbeit des Lehrers – ein Modell.  
460 Seiten. Brosch.

Betty Friedan  
**Das hat mein Leben verändert**  
Beiträge und Reflexionen zur  
Frauenbewegung  
319 Seiten. Brosch.

Maureen Green  
**Die Vater-Rolle**  
220 Seiten. Brosch.

Christopher Jencks  
**Chancengleichheit**  
394 Seiten. Brosch.

Stanley Milgram  
**Das Milgram-Experiment**  
Zur Gehorsamsbereitschaft  
gegenüber Autorität  
257 Seiten mit 25 Abb. im Text  
und auf 4 Tafeln. Brosch.

Michael Lukas Moeller  
**Selbsthilfegruppen**  
Selbstbehandlung und Selbst-  
erkenntnis in eigenverantwort-  
lichen Kleingruppen  
445 Seiten. Brosch.

Gerd und Annegret Overbeck  
**Seelischer Konflikt –  
körperliches Leiden**  
Reader zur psychoanalytischen  
Psychosomatik. 377 Seiten. Kart.

Colin Murray Parkes  
**Vereinsamung**  
Die Lebenskrise bei  
Partnerverlust  
Psychologisch-soziologische  
Untersuchung  
des Trauerverhaltens  
254 Seiten. Geb.

Niels Pörksen  
**Kommunale Psychiatrie**  
Das Mannheimer Modell. Auf  
dem Wege zur Überwindung des  
Institutionalismus sozialer und  
psychiatrischer Einrichtungen  
228 Seiten. Brosch.

Helge Pross  
**Die Männer**  
Eine repräsentative Unter-  
suchung über Selbstbilder von  
Männern und ihre Bilder von der  
Frau. 191 Seiten. Brosch.

Prof. Dr. med. Dr. phil.  
Horst-Eberhard Richter  
**Patient Familie**  
Entstehung, Struktur und  
Therapie von Konflikten in Ehe  
und Familie. 253 Seiten. Geb.

**Die Gruppe**  
Hoffnung auf einen neuen Weg,  
sich selbst und andere zu  
befreien. Psychoanalyse in  
Kooperation mit Gruppen-  
initiativen  
352 Seiten. Brosch.

---

## Rowohlt

# Der Einzelne und die Gesellschaft - Konflikte und Konzepte

Prof. Dr. med. Dr. phil.

Horst-Eberhard Richter

**Lernziel Solidarität**

320 Seiten. Brosch.

**Flüchten oder Standhalten**

315 Seiten. Geb.

**Engagierte Analysen**

Über den Umgang des Menschen  
mit dem Menschen.

Reden, Aufsätze, Essays

325 Seiten. Brosch.

Horst E. Richter / Hans Strotzka /

Jürg Willi (Hg.)

**Familie und seelische Krankheit**

Eine neue Perspektive der  
psychologischen Medizin und  
der Sozialtherapie

378 Seiten. Kart.

Wolfgang Schmidbauer

**Die hilflosen Helfer**

Über die seelische Problematik  
der helfenden Berufe

231 Seiten. Brosch.

Eberhard Schorsch /

Nikolaus Becker

**Angst, Lust, Zerstörung**

Sadismus als soziales und  
kriminelles Handeln. Zur

Psychodynamik sexueller  
Tötungen

320 Seiten. Brosch.

Edward Shorter

**Die Geburt der modernen Familie**

367 Seiten. Geb.

B. F. Skinner

**Was ist Behaviorismus?**

287 Seiten. Kart.

Stefan Wieser

**Isolation**

Vom schwierigen Menschen  
zum hoffnungslosen Fall. Die  
soziale Karriere des psychisch  
Kranken. Herausgegeben und  
eingeleitet von

Wolfgang Kirchesch

223 Seiten. Brosch.

Jürg Willi

**Die Zweierbeziehung**

Spannungsursachen/Störungsmuster/Klärungsprozesse/  
Lösungsmodelle. Analyse des  
unbewußten Zusammenspiels  
in Partnerwahl und Paarkonflikt:

Das Kollusions-Konzept

287 Seiten. Brosch.

**Therapie der Zweierbeziehung**

Analytisch orientierte Paar-  
therapie. Anwendung des  
Kollusions-Konzeptes. Hand-  
habung der therapeutischen  
Dreiecksbeziehung.

377 Seiten. Brosch.

Adrienne Windhoff-Héritier

**Sind Frauen so, wie Freud  
sie sah?**

Bausteine zu einer neuen  
analytisch-sozialpsychologi-  
schen Theorie der weiblichen  
Psyche

225 Seiten. Brosch.

---

## Rowohlt

6.80

liso  
Kurusu  
Xano  
Clandu  
Vopk  
Rings  
Ruh  
Baren



**«Man spricht heute viel über die Bedeutung einer Gesamt-schau und Synthese, um die großen Probleme unserer modernen Welt bewältigen zu können. Leider jedoch hat uns unsere Erziehung offensichtlich nicht darauf vorbereitet. Unsere Einteilung des Wissens in zahlreiche Disziplinen zerstückelt die einheitliche Natur in einzelne, sorgfältig um-zäunte Gärtchen.»**

**Der «Blick über den Zaun» erfordert, so weist der Biologe de Rosnay nach, Systemdenken statt analytischer Vorgehensweise. Die grundlegenden Funktionsgesetze und allgemeinen Prinzipien der wichtigsten Einzelsysteme wie Ökologie, Biologie und Ökonomie werden in ihren Gemeinsamkeiten aufgezeigt; das Gesamtgefüge Mensch-Umwelt läßt sich so als gefährdete, aber auch entwicklungsfähige Symbiose erkennen.**